



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Manual de Actividades del
Laboratorio de Geología
Física de la Facultad de
Ingeniería**

MATERIAL DIDÁCTICO

Que para obtener el título de

Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Oswaldo Arellano Rendón

ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO

Dra. Laura Mori



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

INTRODUCCIÓN AL TRABAJO DE TESIS

Dentro de las modalidades de titulación ofrecidas por la Facultad de Ingeniería, el presente trabajo se enmarca en la opción "Titulación por actividad de apoyo a la docencia".

El trabajo consiste en la integración de un manual de actividades miradas a fortalecer el aprendizaje significativo de la Geología Física, la cual representa la disciplina básica para la formación de todos los Ingenieros en Ciencias de la Tierra (Geólogos, Geofísicos, Mineros y Metalurgistas, Petroleros). Del manual se beneficiarán esencialmente las asignaturas de "Geología Física", "Geología General" y "Petrología", que se imparten en el Laboratorio de Geología Física de la Facultad de Ingeniería, y cuyo programa prevé el desarrollo de actividades prácticas en el salón durante dos o tres horas por semana. Los ejercicios y actividades que se han incluido en el manual pretenden facilitar el alcance de los objetivos generales y específicos establecidos en el programa de estudio de dichas asignaturas. Se han reconocido 10 unidades fundamentales: 1. Introducción a la Geología; 2. Origen del Sistema Solar y de la Tierra; 3. Materiales que forman la Tierra: minerales y rocas; 4. Rocas ígneas; 5. Meteorización, suelo y rocas sedimentarias; 6. Metamorfismo y rocas metamórficas; 7. Características físico-químicas del planeta Tierra; 8. La tectónica de placas; 9. Tiempo geológico y registro estratigráfico; 10. Deformación de la corteza terrestre. Por cada unidad se proponen diferentes tipos de ejercicios, entre los que se encuentran por ejemplo cuestionarios, ejercicios del tipo verdadero-falso, ejercicios de relacionar columnas, la realización de dibujos, actividades prácticas de reconocimiento de minerales y rocas en fotografías o en muestras de mano, ejercicios matemáticos, y ejercicios que promueven el uso de software libre muy útiles en geología, como *Google Earth* y *GeoMapApp*.

1. INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA

Esta unidad temática de la asignatura de "Geología Física" tiene como objetivo que el alumno comprenda la importancia de la geología, sus diferentes campos de estudio, su historia y las particularidades de la aplicación del método científico al estudio de la geología.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio de aplicación del método científico para resolver una situación de la vida cotidiana;
- una actividad práctica que facilitará la percepción de la dimensión de la escala del tiempo en la cual operan la evolución biológica y los eventos geológicos, por medio de una representación visual.

1.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. ¿Qué es geología? ¿De qué se ocupan la geología física y la geología histórica?
2. Menciona y describe brevemente al menos tres subdisciplinas de la geología.
3. ¿En qué consiste el método científico?
4. Explica la diferencia entre hipótesis y teoría, en el marco del método científico.
5. ¿Cuáles son las ideas principales del Catastrofismo?
6. ¿Cuáles son las principales diferencias entre el pensamiento Neptunista y el Plutonista?
7. ¿Cuáles son las ideas principales del Uniformismo?
8. Explica las razones por las cuales el método científico no puede aplicarse universalmente a las ciencias geológicas.

1.2 Ejercicio sobre el método científico

Resuelve con el método científico la siguiente situación: "Entras a un cuarto oscuro, y quieres prender el foco del cuarto, pero la luz del foco no enciende". Sugiere al menos tres hipótesis que puedan explicar esta situación; y una vez que las hayas formulado, indica cómo deberías proceder para poder resolver el problema y "formular una teoría".

1.3 Actividad práctica sobre la representación visual del tiempo geológico (modificada de Alegret *et al.*, 2001)

La escala del tiempo geológico es el marco de referencia en el cual se representan los eventos geológicos y biológicos que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra, desde su formación hace aproximadamente 4,600 millones de años (M.a.), hasta el presente. La escala del tiempo geológico se divide en intervalos cronológicos de diferente duración (Eones, Eras, Periodos, Épocas, Edades), los cuales están definidos por la ocurrencia de acontecimientos geo/biológicos particularmente significativos.



Material necesario para el desarrollo de la práctica

- Rollo de papel para calculadora de cinco metros de longitud
- Cinta métrica
- Pegamento
- Tijeras
- Colores
- Pequeños recortes representativos de algunos de los eventos mencionados en la tabla abajo (se pueden encontrar imágenes adecuadas en Internet)
- Tabla cronoestratigráfica (se anexa abajo)

Desarrollo de la práctica

1. Dibuja una línea de 460 cm en el rollo de papel, la cual corresponderá a la línea del tiempo geológico (4,600 m.a.). Tomando en cuenta que 1 milímetro equivale a 1 millón de años, divide la línea del tiempo geológico en Eones, Eras, Periodos y Épocas, indicando cada intervalo con el color apropiado, basándote en la tabla cronoestratigráfica.
2. Convierte la edad de los eventos bio/geológicos enlistados abajo en distancias (completa la columna vacía de la tabla), incluyéndolos en el rollo del papel.

Eventos	Años	Distancia (cm)
<i>Formación de la Tierra</i>	<i>4,600 m.a.</i>	<i>460</i>
<i>Roca más antigua datada</i>	<i>3,800 m.a.</i>	
<i>Bacteria más antigua conocida</i>	<i>3,500 m.a.</i>	
<i>Fósiles reconocibles más antiguos (algas)</i>	<i>3,200 m.a.</i>	
<i>Organismos multicelulares</i>	<i>900 m.a.</i>	
<i>Primeros animales conocidos (similares a las medusas)</i>	<i>650 m.a.</i>	
<i>Primeros invertebrados marinos con concha</i>	<i>580 m.a.</i>	
<i>Aparición de peces primitivos</i>	<i>500 m.a.</i>	
<i>Primeras plantas terrestres</i>	<i>450 m.a.</i>	
<i>Aparición de anfibios</i>	<i>360 m.a.</i>	
<i>Aparición de reptiles</i>	<i>340 m.a.</i>	
<i>La mayor extinción en masa conocida</i>	<i>248 m.a.</i>	
<i>Aparecen los dinosaurios</i>	<i>225 m.a.</i>	
<i>Primeras aves</i>	<i>160 m.a.</i>	
<i>Un asteroide cae sobre la Tierra, provocando la extinción de los dinosaurios</i>	<i>65 m.a.</i>	
<i>Primeros primates</i>	<i>60 m.a.</i>	
<i>Primeros homínidos (primates similares a los humanos)</i>	<i>4 m.a.</i>	
<i>Comienza la Edad del Hielo</i>	<i>1 m.a.</i>	
<i>Evolucionan los humanos modernos</i>	<i>35,000 años</i>	
<i>Reinan las dinastías egipcias</i>	<i>4,500 A.C.</i>	
<i>Nace Jesucristo, comienza nuestro calendario</i>	<i>0</i>	
<i>El hombre llega a la Luna</i>	<i>1969 D.C.</i>	
<i>Hoy</i>	<i>2016 D.C.</i>	<i>0</i>

3. Pega en el rollo las imágenes correspondientes a los eventos citados que consideres más relevantes, respetando su edad.
4. Elabora una conclusión, reflexionando sobre lo que aprendiste en la realización de la práctica.



TABLA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL

www.stratigraphy.org

Comisión Internacional de Estratigrafía

v 2016/04



Epoca / Era / Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	Edad (Ma) actualizada
Cenozoico	Cuaternario	Superior	0.0117
		Medio	0.126
	Pleistoceno	Calabriano	0.781
		Galasiano	1.80
	Plioceno	Piacenziano	2.58
		Zancleano	3.600
	Neógeno	Mesiniense	5.333
		Tortoniano	7.246
		Serravalliano	11.63
	Mioceno	Langhiano	13.82
Burdigaliano		15.97	
Oligoceno	Aquitaniense	20.44	
	Chattiano	23.03	
Paleógeno	Eoceno	Rupeliano	28.1
		Priaboniano	33.9
	Bartoniano	37.8	
	Lutetiano	41.2	
	Ypresiense	Ypresiense	47.8
		Thanetiano	56.0
	Selandiano	Selandiano	59.2
		Daniense	61.6
	Paleoceno	Maastrichtiano	72.1 ±0.2
		Campaniano	83.6 ±0.2
Superior	Santoniano	86.3 ±0.5	
	Coniaciano	89.8 ±0.3	
	Turoniano	93.9	
Cenomaniano	Cenomaniano	100.5	
	Albiano	~113.0	
Inferior	Aptiano	~125.0	
	Barremiano	~129.4	
	Hauteriviense	~132.9	
Valanginiano	Valanginiano	~139.8	
	Berriasiense	~145.0	

Epoca / Era / Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	Edad (Ma)
Mesozoico	Jurásico	Superior	152.1 ±0.9
		Kimmeridgiense	157.3 ±1.0
	Medio	Oxfordiano	163.5 ±1.0
		Bathoniano	166.1 ±1.2
	Inferior	Bajociano	168.3 ±1.3
		Aaleniano	170.3 ±1.4
	Toarciense	Toarciense	174.1 ±1.0
		Pliensbachiense	182.7 ±0.7
	Sinemuriense	Sinemuriense	190.8 ±1.0
		Hettangiano	198.3 ±0.3
Triásico	Rhaetiano	201.3 ±0.2	
	Noriense	~208.5	
Carniense	Carniense	~227	
	Ladiniano	~237	
Medio	Anisiano	~242	
	Olenekiano	247.2	
Inferior	Indriano	251.2	
	Changhsingiano	252.17 ±0.06	
Lopingiano	Wuchiapingiano	254.14 ±0.07	
	Capitaniano	259.8 ±0.4	
Guadalupiano	Wordiano	266.1 ±0.4	
	Roadiano	268.8 ±0.5	
Kunguriense	Roadiano	272.3 ±0.5	
	Kunguriense	283.5 ±0.6	
Artinskiano	Artinskiano	290.1 ±0.26	
	Sakmariano	295.0 ±0.18	
Asseliano	Asseliano	298.9 ±0.15	
	Gzheliense	303.7 ±0.1	
Superior	Kasimoviano	307.0 ±0.1	
	Moscoviense	315.2 ±0.2	
Inferior	Bashkiriense	323.2 ±0.4	
	Serpukhoviano	330.9 ±0.2	
Medio	Viseense	346.7 ±0.4	
	Tournaisiano	359.9 ±0.4	

Epoca / Era / Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	Edad (Ma)
Paleozoico	Devónico	Superior	359.9 ±0.4
		Famenniano	372.2 ±1.6
	Medio	Frasniano	382.7 ±1.6
		Givetiano	387.7 ±0.8
	Inferior	Eifeliano	393.3 ±1.2
		Emsiano	407.6 ±2.6
	Pragianense	Pragianense	410.8 ±2.8
		Lochkoviano	419.2 ±3.2
	Pridoliense	Ludfordiano	423.0 ±2.3
		Gorstiano	425.6 ±0.9
Silúrico	Wentlockiano	427.4 ±0.5	
	Homeriano	430.5 ±0.7	
Llandoveryense	Sheinwoodiano	433.4 ±0.8	
	Telychiano	438.5 ±1.1	
Aeroniano	Aeroniano	440.8 ±1.2	
	Hirnantiano	443.8 ±1.5	
Superior	Katiano	445.2 ±1.4	
	Sandbianense	453.0 ±0.7	
Medio	Darnwiliano	458.4 ±0.9	
	Dapingiano	467.3 ±1.1	
Inferior	Floiano	470.0 ±1.4	
	Tremadociano	477.7 ±1.4	
Furongiano	Piso 10	485.4 ±1.9	
	Jiangshaniense	~489.5	
Guzhangiano	Paibiano	~494	
	Drumiano	~497	
Serie 3	Drumiano	~500.5	
	Piso 5	~504.5	
Serie 2	Piso 4	~508	
	Piso 3	~514	
Terreneuviano	Piso 2	~521	
	Fortuniano	~529	

Epoca / Era / Sistema / Período	Epoca / Era / Sistema / Período	Edad (Ma)	
Precámbrico	Proterozoico	Ediacarico	541.0 ±1.0
		Neoproterozoico	~635
	Meso-proterozoico	Toniense	~720
		Steniano	1000
	Paleo-proterozoico	Ectasio	1200
		Callymiano	1400
	Statheriano	Statheriano	1600
		Orosiniano	1800
	Rhyaciano	Rhyaciano	2050
		Sideriano	2300
Neo-arqueano	Sideriano	2500	
	Neo-arqueano	2800	
Meso-arqueano	Meso-arqueano	3200	
	Paleo-arqueano	3600	
Eo-arqueano	Eo-arqueano	4000	
	Hadeano	~4600	

La definición del Estratipo Global de Límite (GSSP-Global Boundary Stratotype Section and Point) para la base de los eones, períodos, épocas, series y pisos, se actualiza regularmente en la web: <http://www.stratigraphy.org>. Los valores de edades absolutas (GSSA-Global Standard Stratigraphic Ages). Los GSSP oficiales se marcan con el símbolo de 'Clavo Dorado' (Golden Spike *), que también los materializa en el campo.

El original de la Tabla y los detalles de los GSSP (criterio de definición, correlación, localización geográfica y geológica de cada uno, etc.) se actualizan regularmente en la web: <http://www.stratigraphy.org>.

La datación absoluta en millones de años (Ma) para la base del Eón Arqueano, de los eones, períodos, épocas, series y pisos, es una iniciativa, en especial para aquellos límites sin GSSP formal (-Ma). Los valores de edades usadas para todos los sistemas excepto el Triásico, Cretácico y Precámbrico se tomaron de A. Geologic Time Scale 2012 de Gradstein et al. (2012), exceptuando las dataciones del Pérmico, Triásico, Cretácico y Pleistoceno, aportadas por las subcomisiones respectivas de la ICS-IUGS.



Este borrador final, es una adaptación del español de América y una edición de los datos de la Comisión Internacional de Estratigrafía (IUGS) de Juan Carlos Cúller-Reyes, de la Universidad Complutense de Madrid y Jorge Gómez Tapia de la SGCC, quienes recibieron contribuciones de diversas subcomisiones estratigráficas, servicios geológicos y profesionales radicados en México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. En Venezuela, la terminología cronoestratigráfica sigue las pautas del castellano de España.



La norma de espesor se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CCGM-IUGS) - <http://www.ccgim.org>

Tabla diseñada por K.M. Cohen, S.C. Finney y P.L. Gibbard
 Enero de 2013, 2015 © International Commission on Stratigraphy (IUGS)
 Citar como Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J.-X. (2013, actualizado)
 The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 198-204
<http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2016-04-SpanishAmerDra1.pdf>

1.4 Referencias

Alegret, B., Meléndez, H., Trallero., 2001. Didáctica del tiempo en geología: apuntes en Internet. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 9 (3), 261-269.

2. ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR Y DE LA TIERRA

Esta unidad temática de la asignatura de "Geología Física" tiene como objetivo que el alumno conozca las principales teorías sobre el origen del Universo, el Sistema Solar y el sistema Tierra.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio de relacionar columnas, enfocado a los meteoritos (características principales y significado geológico);
- un ejercicio enfocado a reconocer las principales interacciones que se llevan a cabo entre los subsistemas terrestres;
- la realización de un dibujo de la estructura interna de la Tierra, que permitirá resaltar la magnitud y las características principales de las diferentes capas;
- un ejercicio matemático que facilitará la percepción de la magnitud del Sistema Solar;
- un ejercicio mirado a calcular el gradiente geotérmico de la corteza terrestre, que proporcionará una percepción más concreta de qué tanto varía la temperatura de las rocas con la profundidad;
- un ejercicio que permitirá calcular la circunferencia del planeta Tierra, utilizando un software libre muy útil en geología como *Google Earth*.

2.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. Explica de manera clara y concisa el momento de la creación del Universo. ¿Cómo se pudo llegar de la "nada" a los primeros átomos de H?
2. Describe de manera clara y concisa cómo ocurre el proceso de formación de elementos en el núcleo de las estrellas. ¿Por qué las reacciones termonucleares no producen elementos más pesados que el Fe?
3. ¿Qué son las Supernovas, y cuál fue su papel en las etapas iniciales de la creación del Universo?
4. Describe brevemente los principales eventos que llevaron a la formación del Sistema Solar.
5. Explica brevemente por qué los planetas internos del Sistema Solar son esencialmente rocosos, mientras que los externos son gaseosos.
6. Describe cómo se han formado las primeras partículas sólidas en la nebulosa solar, explicando el concepto de condensación de los elementos. ¿Cuál es la relación entre la temperatura de condensación de los elementos, y la distribución de los planetas en el Sistema Solar?

7. Describe de forma clara y concisa cómo y por qué ha ocurrido la primera diferenciación del planeta Tierra en núcleo y porción silicatada.
8. Enumera y describe brevemente las diferentes capas composicionales en las que se divide la Tierra.
9. ¿Por qué la Tierra tiene un núcleo metálico muy grande?
10. Describe brevemente la teoría del impacto gigante, utilizada para explicar el origen de la Luna.
11. ¿Qué es el gradiente geotérmico? ¿Por qué el gradiente geotérmico del manto y núcleo externo es relativamente bajo?
12. ¿Cuáles son los efectos de la temperatura y presión en el comportamiento mecánico de las rocas?
13. Explica por qué las rocas del manto no están completamente fundidas, a pesar de su temperatura. ¿Cuál es la región del manto en donde pueden ocurrir procesos de fusión y generación de magmas?
14. Describe la subdivisión de la Tierra en capas con diferente comportamiento mecánico.
15. ¿Cuáles son los efectos de la convección del manto y del núcleo externo?
16. ¿Por qué la Tierra se suele definir y estudiar como un "sistema"?
17. Explica brevemente qué son los procesos exógenos y endógenos, mencionando algunos ejemplos.
18. ¿Cuáles son las fuentes de energía que la Tierra utiliza para los procesos exógenos y endógenos?

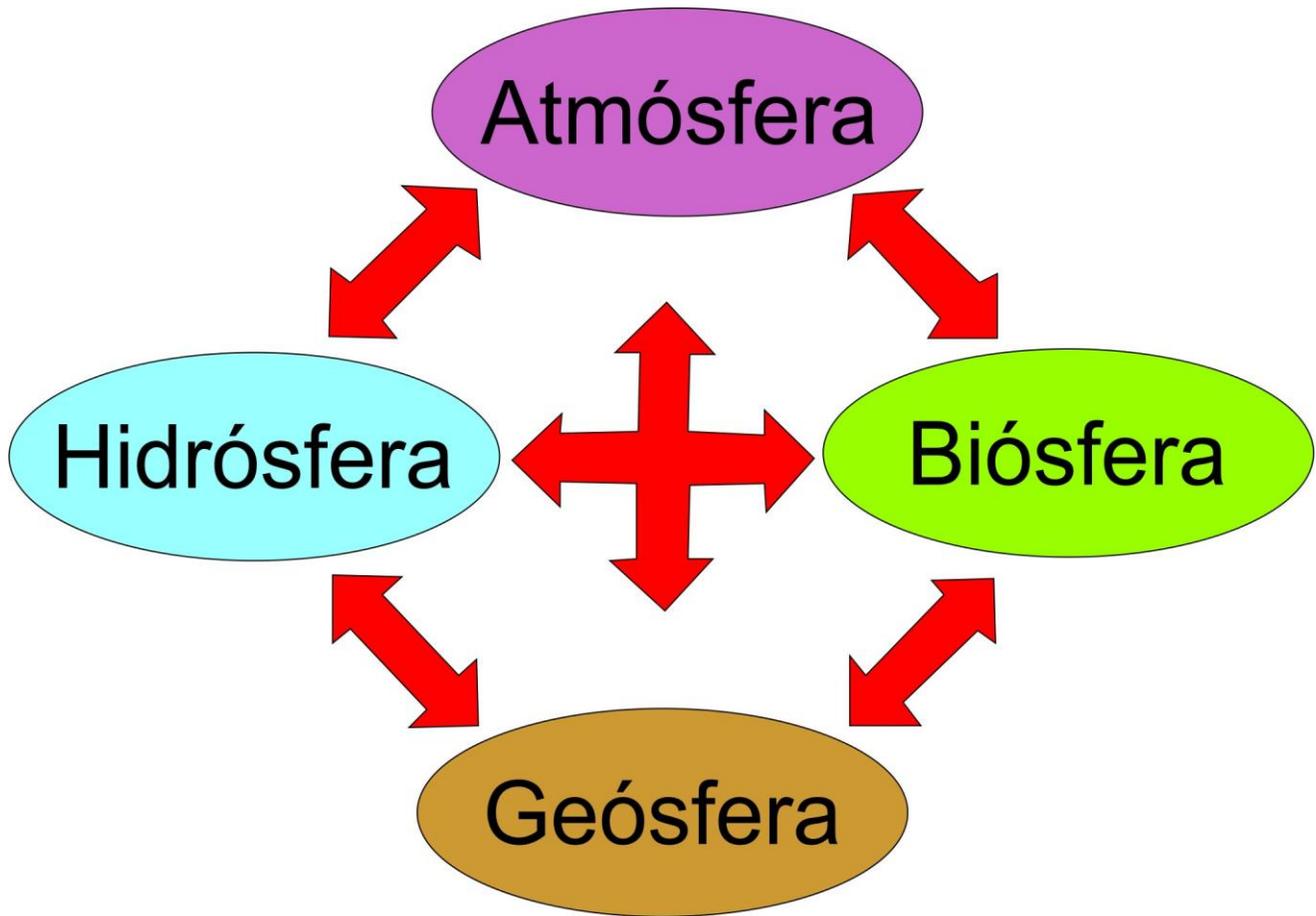
2.2 Ejercicio sobre los meteoritos

Relaciona cada término con la definición correcta.

A. Meteorito	<input type="checkbox"/> Resto de un planeta recién formado, aún indiferenciado
B. Condrita	<input type="checkbox"/> Fragmento de un protoplaneta que había experimentado un proceso de diferenciación química antes de desintegrarse
C. CAI	<input type="checkbox"/> Meteorito diferenciado compuesto de Fe y Ni, y menores sulfuros de los mismos elementos
D. Meteorito diferenciado	<input type="checkbox"/> Fragmento de asteroide o planetesimal que, durante su órbita, ha sido capturado por el campo gravitacional de la Tierra
E. Acondrita	<input type="checkbox"/> Meteorito diferenciado en el cual silicatos de Fe y Mg están embebidos en una matriz metálica de Fe y Ni
F. Meteorito metálico	<input type="checkbox"/> Meteorito primitivo compuesto de condros y CAI embebidos en una matriz fina
G. Meteorito rocoso-metálico	<input type="checkbox"/> Condensado de más alta temperatura de la nebulosa solar
H. Meteorito primitivo	<input type="checkbox"/> Meteorito que representa la porción cortical o mantélica de un protoplaneta que había experimentado una diferenciación antes de desintegrarse

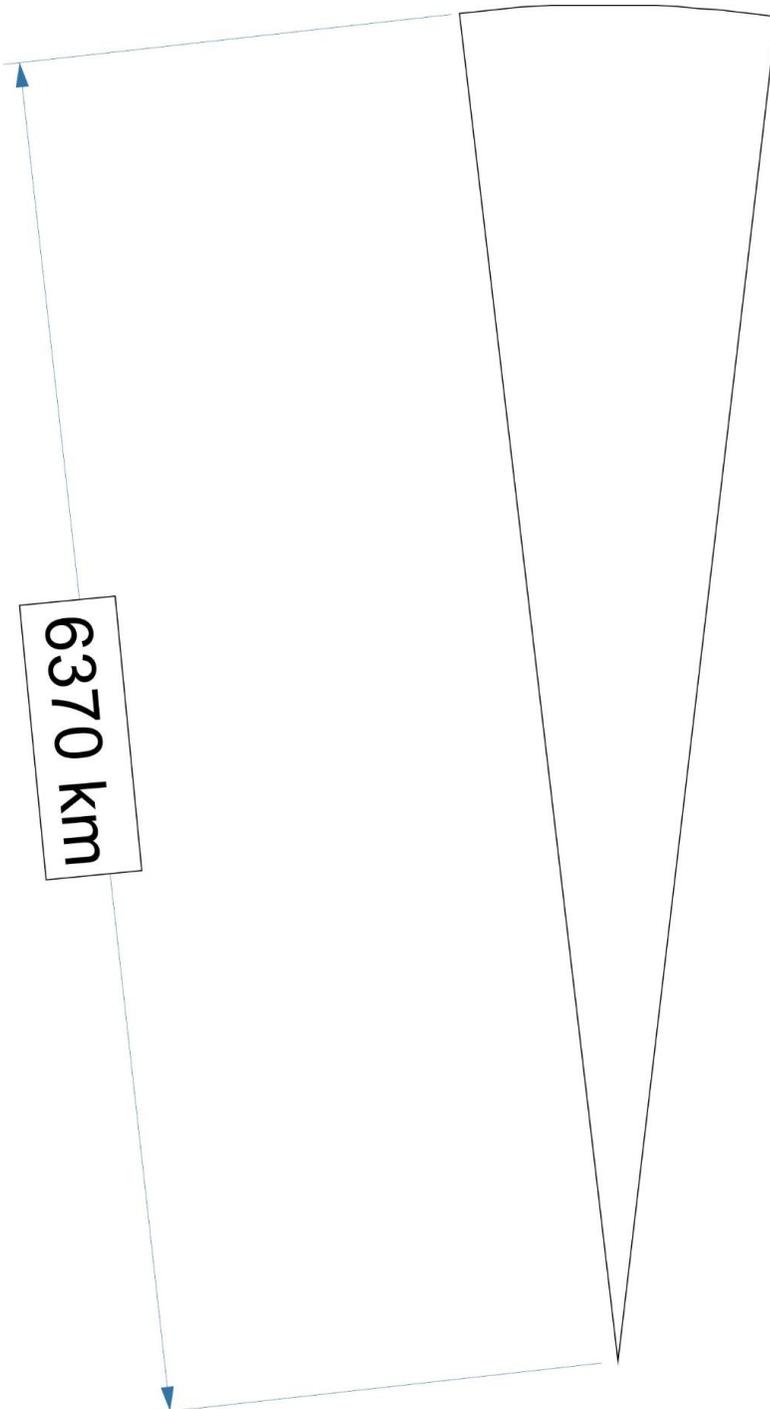
2.3 Ejercicio sobre las interacciones del sistema Tierra (modificado de Tarbuck *et al.*, 2014)

El mapa conceptual abajo relaciona las cuatro esferas del Sistema Tierra por medio de flechas, que representan los procesos mediante los cuales dichas esferas interactúan una con otra. Por cada flecha, menciona y describe al menos un proceso.



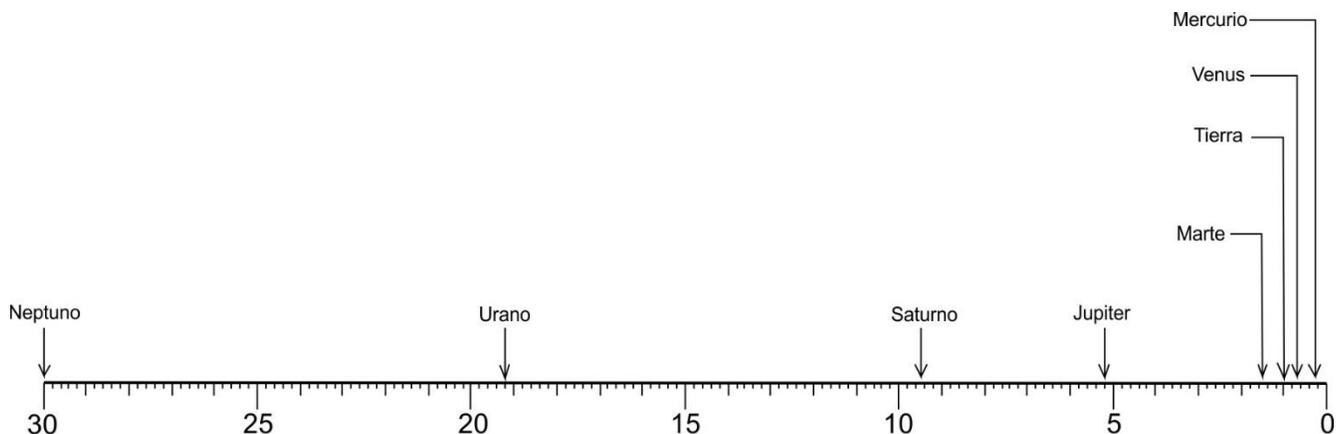
2.4 Ejercicio sobre la estructura interna de la Tierra

Dibuja e ilumina las diferentes capas mecánicas de la Tierra, procurando respetar las dimensiones relativas de cada una. Puedes hacer dibujos auxiliares para las capas más delgadas.



2.5 Ejercicio matemático sobre la magnitud del Sistema Solar (modificado de Tarbuck *et al.*, 2014)

La distancia entre la Tierra y el Sol es de 150 millones de km, los cuales equivalen a 1 unidad astronómica (AU). Con base en la información proporcionada por la figura abajo sobre la distancia en AU entre el Sol (punto 0) y los planetas del Sistema Solar, y considerando una velocidad de desplazamiento de 1,000 km/hora, determina cuánto tiempo te tardarías en trasladarte desde la Tierra a Neptuno.



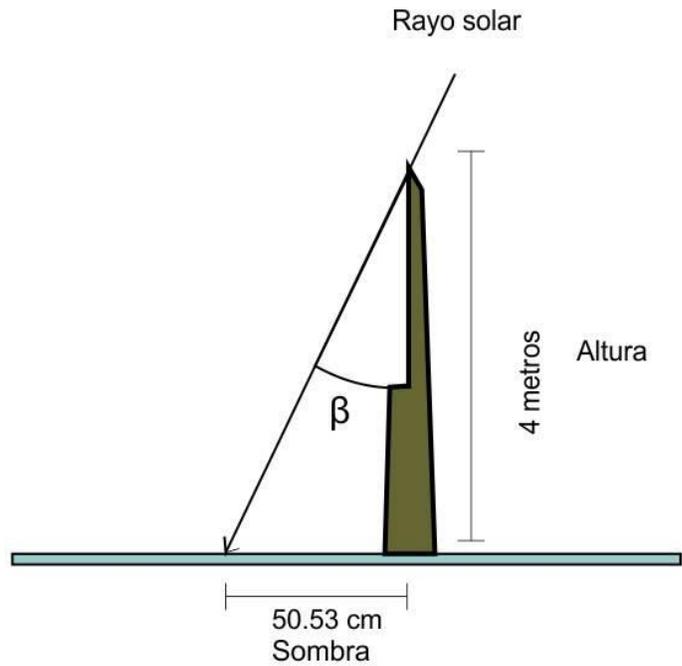
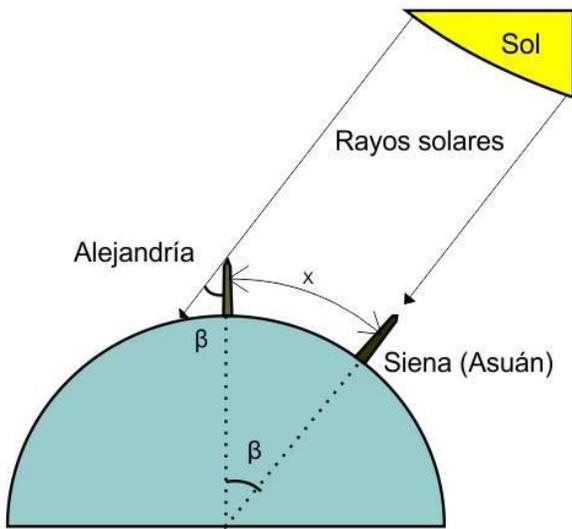
2.6 Ejercicio matemático sobre el gradiente geotérmico

En una región de la corteza terrestre, a 10 m de profundidad, se mide una temperatura de 22 °C. Calcula el gradiente geotérmico considerando que, en la misma región, a una profundidad de 325 m, la temperatura tiene un valor de 31.5 °C.

2.7 Actividad práctica sobre el cálculo de las dimensiones de la Tierra utilizando el experimento de Eratóstenes adaptado a *Google Earth* (modificado de Ruiz, 2014)

Eratóstenes (235 a.C.) notó que, cada año, en la ciudad egipcia de Siena (hoy Asuán), al medio día del 21 de junio los obeliscos no producían sombra, mientras que en la ciudad de Alejandría sí. En una Tierra plana, con el Sol suficientemente lejos como para considerar paralelos los rayos incidentes en la superficie terrestre, esto no debería ocurrir, ya que, en el mismo instante, en las dos ciudades debería proyectarse la misma sombra. Con base en la ocurrencia simultánea de los dos fenómenos (ausencia de sombra en una zona y proyección de una sombra en otra), Eratóstenes dedujo que la superficie terrestre debía ser curva; y postuló que, conociendo la longitud de la sombra, se podría calcular el radio de esa curvatura. Midiendo la longitud de la sombra en Siena (50.53 cm) y la distancia que separa Siena

de Alejandría, ubicadas en el mismo meridiano (787.5 km), llegó al resultado de que la circunferencia terrestre medía ~39,375 km.



Planteamiento y cálculo matemático:

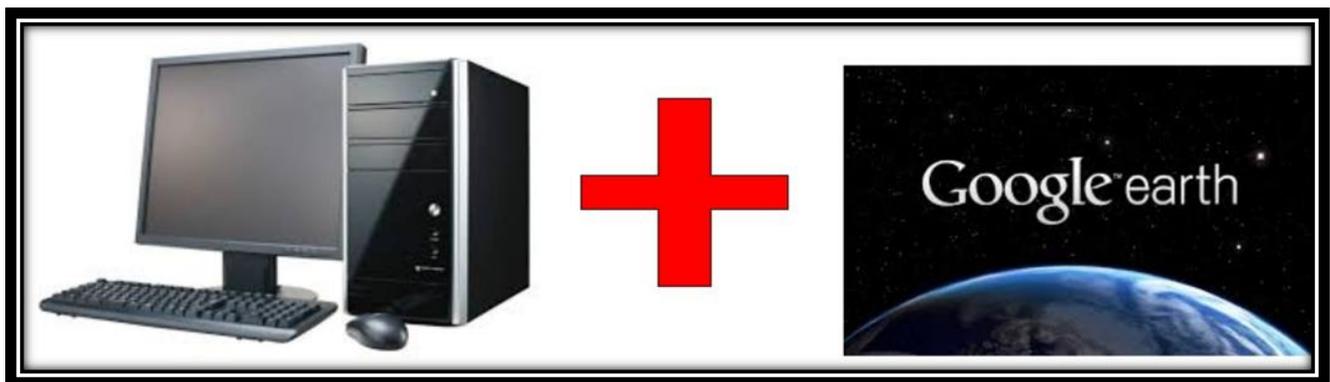
$$\tan(\beta) = \frac{\text{sombra}}{\text{altura}} = \frac{0.5053}{4} = 0.126325 \text{ m}$$

$$\beta = \text{arcTan}(0.126325) = 7.2^\circ$$

7.2° corresponde a 787.5 km como 360° corresponde a la circunferencia terrestre (x)

$$x = \text{circunferencia terrestre} = \frac{(787.5)(360)}{7.2} = 39,375 \text{ km}$$

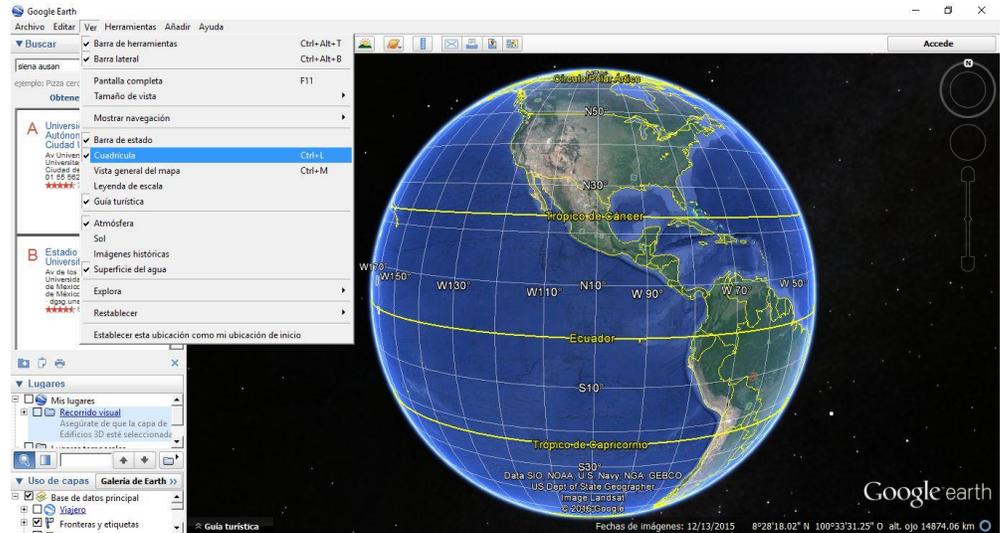
Material necesario para el desarrollo de la práctica



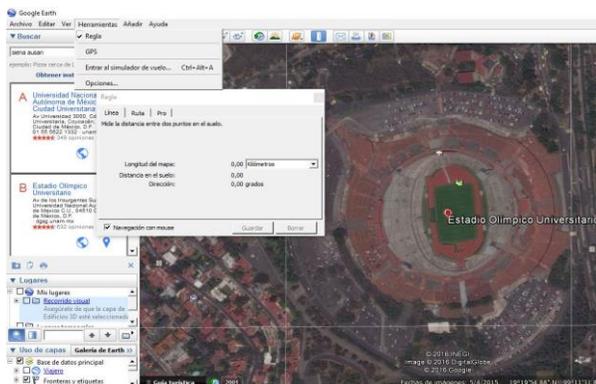
- Equipo de computo
- Software *Google Earth*

Desarrollo de la práctica

1. Descarga e instala *Google Earth* en tu equipo de cómputo.
2. Abre el programa, y activa la opción "Cuadrícula" en la pestaña "Ver"; de esta forma, aparecerán los paralelos, meridianos y la línea del Ecuador en el planeta Tierra.



3. Localiza el estadio olímpico universitario de la Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Calcula la distancia entre el estadio olímpico universitario y la línea del Ecuador, de la siguiente manera: en la pestaña "Herramientas" selecciona la opción "Regla" > "Línea"; haz click en el punto del estadio, y luego, siguiendo una línea recta, haz doble click en la línea del Ecuador. Anota la distancia obtenida.



5. Considera que estás realizando el ejercicio en un día de equinoccio, durante el cual el Sol alcanza el cenit en el Ecuador: esto te permitirá conocer el ángulo de incidencia de los rayos solares en el estadio universitario, el cual corresponde al valor de la latitud.
6. Calcula la circunferencia y el radio de la Tierra con base en los datos a disposición.

7. Contesta las siguientes preguntas: "La Tierra tiene una circunferencia de 40,075 km y un radio de 6,371 km: ¿cuáles podrían ser las razones de la discrepancia entre tus resultados y los valores reales?"
"¿Cuánto tiempo te tardaste en medir la distancia entre el estadio universitario y la línea del Ecuador?"
"¿Cuánto tiempo crees que se tardó Eratóstenes en medir la distancia entre Alejandría y Siena?"

2.8 Referencias

Ruiz, J., 2014. Medición de la circunferencia de la Tierra utilizando el método de Eratóstenes.

<http://albaciencia.albacete.org/?p=244>

Tarbuck, E.J., Lutgens, F.K., Tasa, D., 2014. Earth: an introduction to physical geology. Pearson (XI edición).

3. MATERIALES QUE FORMAN LA TIERRA: MINERALES Y ROCAS

Esta unidad temática de la asignatura de "Geología Física" tiene como objetivo que el alumno conozca las principales características de los minerales y aprenda a identificarlos; y que conozca los diferentes tipos de rocas y los procesos que los relacionan en el marco del ciclo de las rocas.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio enfocado a aclarar las consideraciones implícitas en la definición de "mineral";
- un ejercicio mirado a reconocer los diferentes grupos y sistemas en los que se clasifican las formas cristalinas;
- un ejercicio de relacionar columnas, enfocado a las propiedades físicas de los minerales;
- un ejercicio enfocado a reconocer los diferentes tipos de hábitos cristalinos;
- un ejercicio mirado a repasar la escala de dureza de Mohs;
- un ejercicio sobre los poliedros de coordinación, que facilitará la comprensión de cómo se disponen los iones en la estructura cristalina de los minerales;
- un ejercicio enfocado al repaso de conceptos básicos de química, útiles para entender cómo se enlazan los iones en las estructuras cristalinas de los minerales;
- un ejercicio de análisis del ciclo de las rocas;
- un ejercicio de descripción e identificación de minerales en fotografías;
- un ejercicio matemático sobre algunas propiedades físicas de los minerales;
- ejercicios de estequiometría aplicada a la mineralogía;
- una actividad práctica enfocada a la descripción e identificación de minerales en ejemplar de mano.

3.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. Oro, agua líquida, diamante sintético, hielo y madera: ¿cuáles de estos materiales no se consideran minerales? Explica por qué.
2. Explica la diferencia entre un mineral y un cristal.
3. ¿Qué son los silicatos? ¿Con base en qué se clasifican? Menciona los principales tipos de silicatos máficos y félsicos.
4. Menciona los principales grupos de minerales no silicatados presentes en la Tierra. ¿A qué se debe su importancia?

5. Describe brevemente la composición mineralógica de la Tierra silicatada.
6. ¿Qué es una roca? ¿De qué depende su textura?
7. Explica brevemente la diferencia entre una roca ígnea, sedimentaria y metamórfica.
8. ¿Cuáles son los procesos responsables de la formación de las rocas ígneas y metamórficas? ¿Cuál es la fuente de energía que los alimenta?
9. ¿Cuáles son los procesos responsables de la generación de las rocas sedimentarias? ¿Cuál es la fuente de energía que los alimenta?

3.2 Ejercicio sobre la definición de mineral

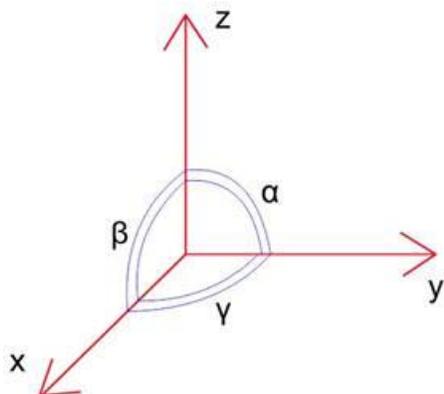
Un mineral se define como un "sólido natural inorgánico que presenta una estructura ordenada de átomos y una composición química definida". Explica el significado de:

- sólido:
- natural:
- inorgánico:
- estructura ordenada de átomos:
- composición química definida:

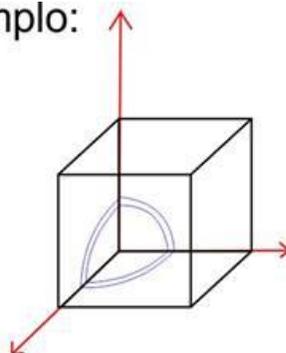
3.3 Ejercicio sobre los grupos y sistemas cristalinos

Con base en el sistema referenciado (ejes cristalográficos), determina el grupo y sistema cristalino al que pertenecen las siguientes formas cristalinas, especificando las características de sus parámetros de celda.

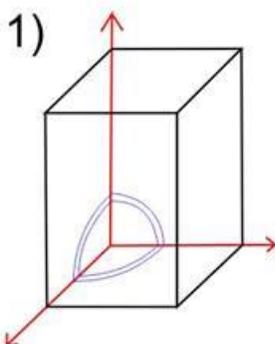
Sistema de Referencia



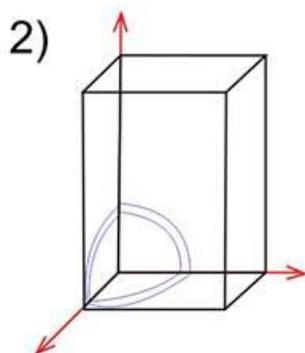
Ejemplo:



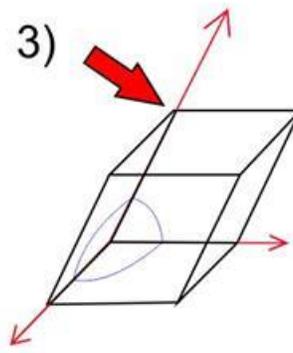
Grupo cristalino: Monométrico
 Sistema cristalino: Cúbico
 Relación de ejes: $a=b=c$
 Relación de ángulos: $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$



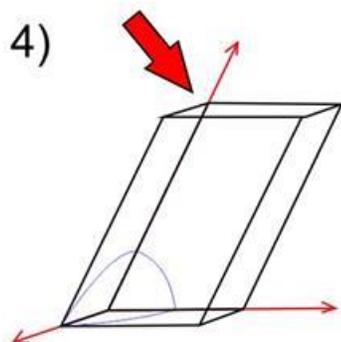
Grupo cristalino: Dimétrico
 Sistema cristalino: _____
 Relación de ejes: $a=b \neq c$
 Relación de ángulos: _____



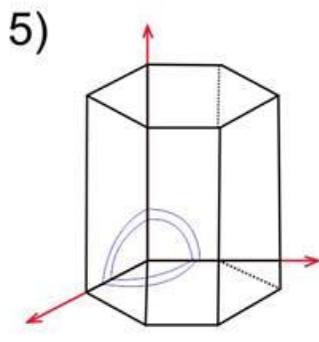
Grupo cristalino: Trimétrico
 Sistema cristalino: _____
 Relación de ejes: $a \neq b \neq c$
 Relación de ángulos: _____



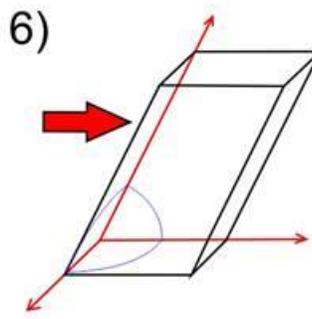
Grupo cristalino: _____
 Sistema cristalino: Trigonal
 Relación de ejes: $a=b \neq c$
 Relación de ángulos: _____



Grupo cristalino: _____
 Sistema cristalino: _____
 Relación de ejes: _____
 Relación de ángulos: $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



Grupo cristalino: _____
 Sistema cristalino: _____
 Relación de ejes: $a=b \neq c$
 Relación de ángulos: _____



Grupo cristalino: Trimétrico
 Sistema cristalino: _____
 Relación de ejes: $a \neq b \neq c$
 Relación de ángulos: _____

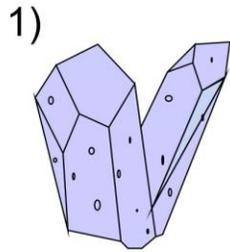
3.4 Ejercicio sobre las propiedades físicas de los minerales

Relaciona cada término con la definición correcta.

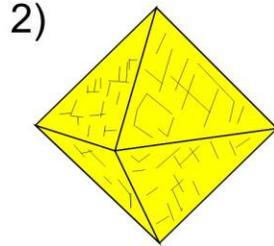
A. Hábito cristalino	<input type="checkbox"/> Capacidad de atraer el hierro y sus derivados
B. Color	<input type="checkbox"/> Capacidad de un mineral de emitir luz tras haber absorbido otro tipo de energía
C. Raya	<input type="checkbox"/> Relación entre el peso de un mineral y el peso de un volumen igual de agua
D. Lustre o brillo	<input type="checkbox"/> Forma irregular que adopta la superficie por la cual se rompe un mineral
E. Crucero o clivaje	<input type="checkbox"/> Propiedad poco fiable, puede cambiar fácilmente por la presencia de impurezas
F. Fractura	<input type="checkbox"/> Resistencia de un mineral a la abrasión o al rayado
G. Dureza	<input type="checkbox"/> Tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos preferenciales
H. Gravedad específica	<input type="checkbox"/> Forma que asume el mineral
I. Luminiscencia	<input type="checkbox"/> Color del polvo de un mineral al rayarlo
J. Magnetismo	<input type="checkbox"/> Aspecto de la luz que refleja la superficie del mineral

3.5 Ejercicio sobre los hábitos cristalinos

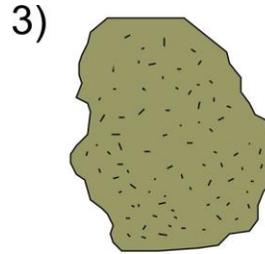
Identifica el hábito de los siguientes cristales.



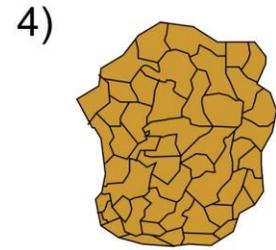
Hábito cristalino: _____



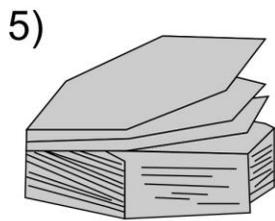
Hábito cristalino: _____



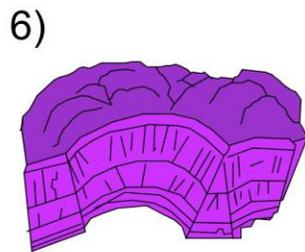
Hábito cristalino: _____



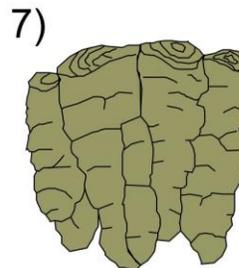
Hábito cristalino: _____



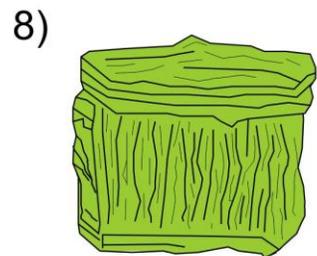
Hábito cristalino: _____



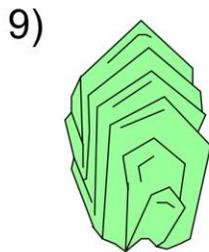
Hábito cristalino: _____



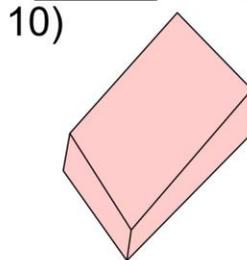
Hábito cristalino: _____



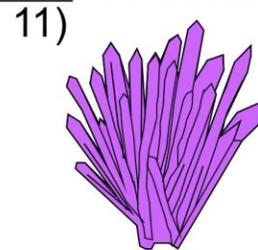
Hábito cristalino: _____



Hábito cristalino: _____



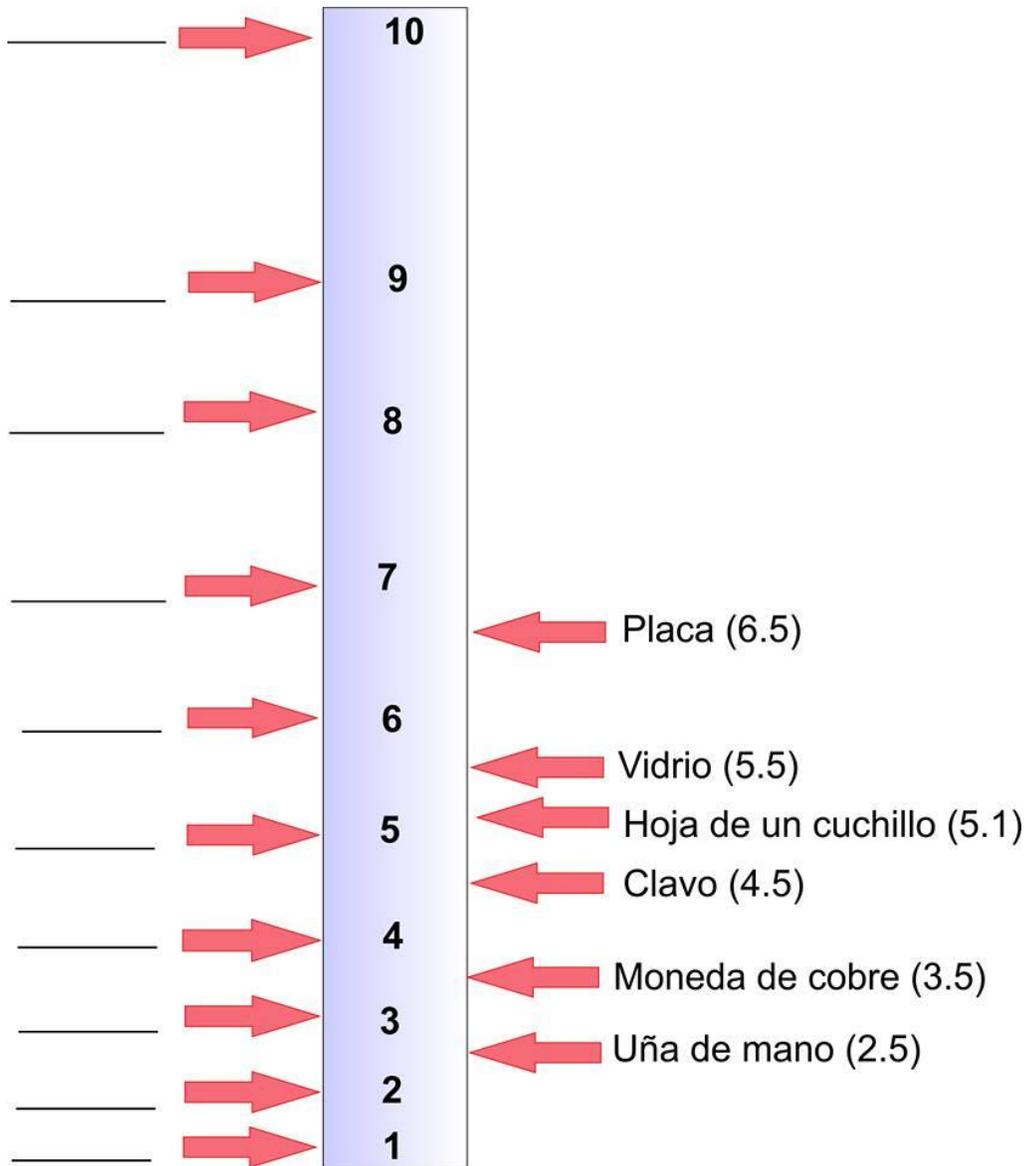
Hábito cristalino: _____



Hábito cristalino: _____

3.6 Ejercicio sobre la escala de dureza de Mohs

En el espacio correspondiente, indica el nombre del mineral índice de cada valor de dureza en la escala de Mohs.



3.7 Ejercicio sobre los poliedros de coordinación

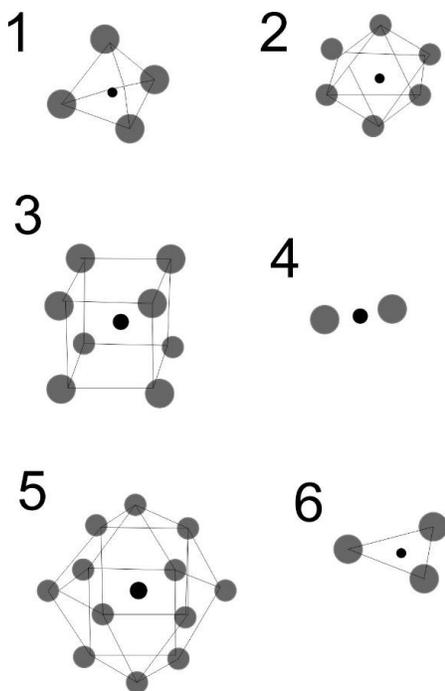
Define los siguientes términos:

- Ión:
- Anión:
- Catión:

Los iones son los constituyentes esenciales de la estructura cristalina de los minerales, pues sus dimensiones y arreglo espacial determinan la forma de la red cristalina. Para garantizar la máxima estabilidad de las estructuras cristalinas, los iones se organizan de manera que cada catión está rodeado por el mayor número de aniones, y lo más alejado posible de los otros cationes. El número de aniones alrededor de un catión se denomina número de coordinación, y está determinado por la relación entre el radio del catión y el radio del anión; los aniones se disponen en los vértices de un sólido geométrico denominado poliedro de coordinación.

Basándote en las figuras abajo, completa la siguiente tabla.

Radio catión/radio anión	Número de coordinación	Poliedro de coordinación	Figura
< 0.155	2		
$0.155-0.225$		<i>Plano (triángulo)</i>	
$0.225-0.414$	4		
$0.414-0.732$		<i>Octaedro</i>	
$0.732-1.00$	8		
> 1.00		<i>Cúbico compacto</i>	



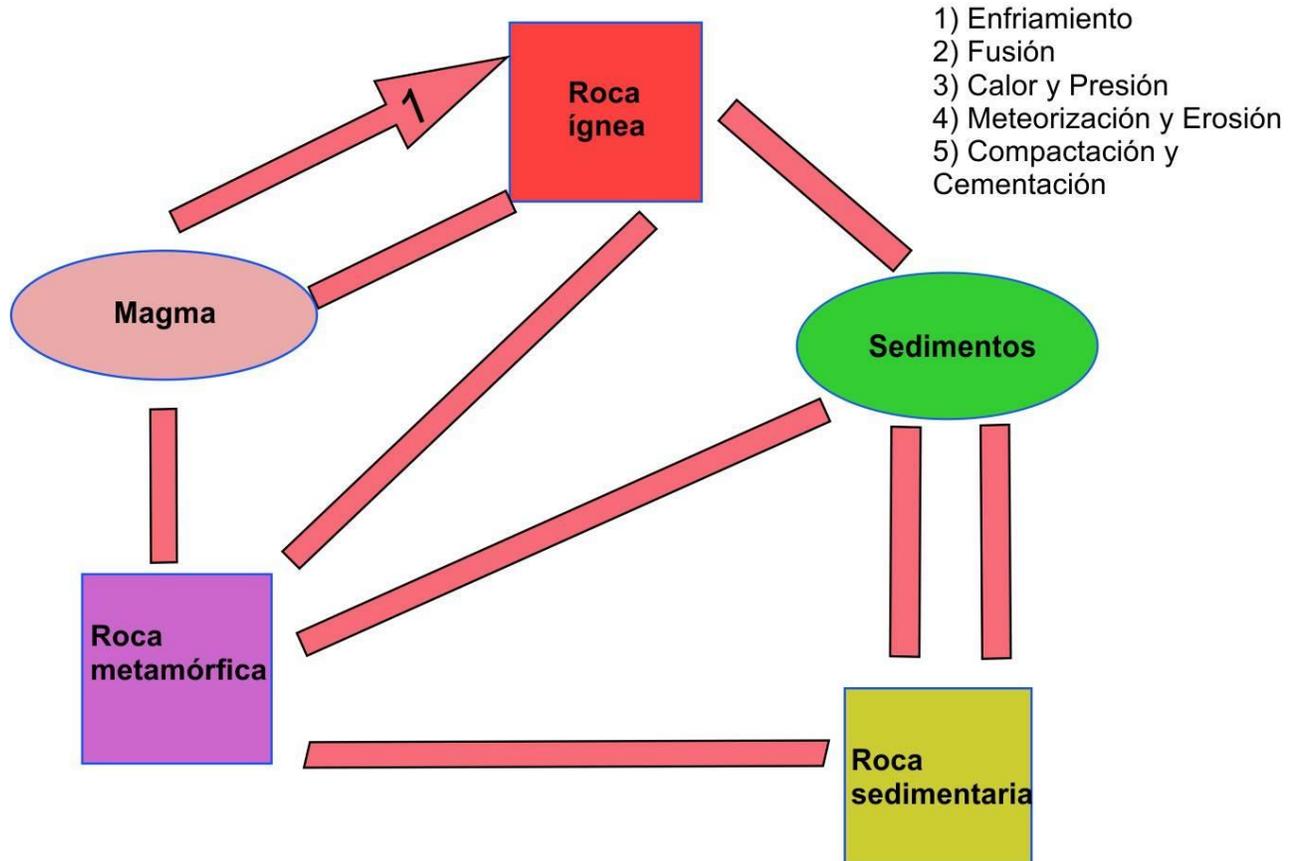
3.8 Ejercicio de química básica

Relaciona cada término con la definición correcta.

A. Elemento	<input type="checkbox"/> Enlace producido por la atracción electrostática entre un catión y un anión
B. Átomo	<input type="checkbox"/> Fuerza de atracción electrostática entre dos moléculas polares
C. Potencial de ionización	<input type="checkbox"/> Enlace entre átomos que comparten uno o más electrones
D. Electronegatividad	<input type="checkbox"/> Enlace en el cual los átomos comparten una nube de electrones
E. Enlace químico	<input type="checkbox"/> Capacidad de un átomo para atraer electrones de otros átomos
F. Enlace iónico	<input type="checkbox"/> Energía necesaria para separar el electrón más externo de un átomo
G. Enlace covalente	<input type="checkbox"/> Fuerza que une dos o más átomos
H. Enlace metálico	<input type="checkbox"/> Sustancia fundamental de la materia
I. Enlace de Van der Waals	<input type="checkbox"/> Partícula más pequeña de la materia que presenta las propiedades de un elemento

3.9 Ejercicio sobre el ciclo de las rocas

Completa el ciclo de las rocas, indicando el sentido de las flechas que unen los diferentes conceptos, y especificando con un número el proceso que las relaciona.



3.10 Ejercicio de identificación y descripción de minerales (modificado de Busch y Tasa, 2015)

Indica cuántos minerales logras diferenciar en cada muestra, descríbelos, y procura identificarlos.



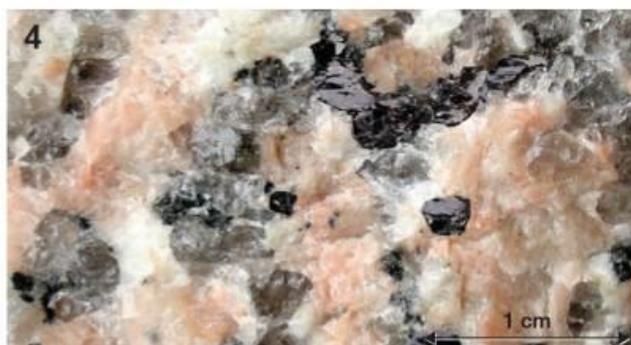
Número de minerales:
Enlista los diferentes minerales y descríbelos:



Número de minerales:
Enlista los diferentes minerales y descríbelos:



Número de minerales:
Enlista los diferentes minerales y descríbelos:



Número de minerales:
Enlista los diferentes minerales y descríbelos:

3.11 Ejercicio matemático sobre las propiedades físicas de los minerales

Con base en los datos reportados en la tabla, resuelve los siguientes ejercicios.

Minerales	Densidad
<i>Magnetita</i>	5.15 g/cm ³
<i>Pirita</i>	5.01 g/cm ³
<i>Cinabrio</i>	2.5 g/cm ³
<i>Halita</i>	2.17 g/cm ³
<i>Grafito</i>	2.16 g/cm ³
<i>Azufre</i>	2.07 g/cm ³

1. Determina el volumen que ocuparía una masa de 1,500 g de grafito.
2. Determina la masa de 5 cm³ de pirita.
3. Un mineral puro presenta un volumen de 8 cm³ y una masa de 16.56 g. ¿De qué mineral se trata?

3.12 Ejercicios de estequiometría aplicada a la mineralogía

1. Dados los siguientes porcentajes de los elementos, y con la ayuda de la tabla periódica de los elementos, determina la fórmula empírica de los diferentes minerales, e identifícalos (por cada mineral, deberás calcular primero el número de moles de cada elemento; y sucesivamente el porcentaje de moles de cada elemento respecto al número de moles totales, para poder escribir la fórmula).

- Mineral 1

Elemento	% en peso
<i>Fe</i>	24.45
<i>Cr</i>	46.46
<i>O</i>	28.59

- Mineral 2

Elemento	% en peso
<i>S</i>	25.3
<i>Cu</i>	63.7
<i>Fe</i>	11

- Mineral 3

Elemento	% en peso
<i>S</i>	17.76
<i>Ag</i>	59.76
<i>Sb</i>	22.48

2. Dados los siguientes minerales de cobre, indica cuál representa la mayor fuente de cobre, con base en su contenido de dicho elemento.

Mineral	Formula química
<i>Calcantita</i>	$Cu(SO_4) \cdot 5H_2O$
<i>Calcopirita</i>	$CuFeS_2$
<i>Bornita</i>	Cu_5FeS_4
<i>Cuprita</i>	Cu_2O
<i>Calcosina</i>	Cu_2S

3.13 Actividad práctica enfocada a la descripción e identificación de minerales en ejemplar de mano

El alumno aprenderá a describir las propiedades diagnósticas de los minerales y a utilizar las tablas de identificación, para clasificar los minerales en ejemplar de mano.

Material necesario para el desarrollo de la práctica



- Un mineral en muestra de mano
- Lupa
- Navaja de acero inoxidable
- Escala de la dureza de Mohs
- Microscopio estereoscópico
- Gotero con ácido clorhídrico diluido al 10%
- Tabla de identificación de minerales en muestra de mano

Desarrollo de la práctica

1. A cada alumno se le proporcionará una muestra de mineral, y el material del laboratorio necesario para realizar la práctica.
2. Cada alumno observará con detalle y describirá las distintas propiedades diagnósticas del mineral examinado.
3. El alumno realizará un dibujo sencillo de una porción representativa del mineral examinado, señalando los atributos sobresalientes, e incluyendo una escala.

4. El alumno utilizará las tablas de identificación de minerales para acotar en lo posible la clasificación de la muestra.

Clave de la muestra	
Propiedades diagnósticas	
<i>Brillo o lustre</i>	
<i>Color</i>	
<i>Raya</i>	
<i>Dureza</i>	
<i>Hábito cristalino</i>	
<i>Crucero o exfoliación</i>	
<i>Fractura</i>	
<i>Transparencia</i>	
<i>Gravedad específica</i>	
<i>Propiedades diagnósticas secundarias</i>	
Dibujo	
Clasificación del mineral	
<i>Nombre del mineral (opción 1)</i>	
<i>Grupo</i>	
<i>Fórmula química</i>	
<i>Sistema cristalino</i>	
<i>Nombre del mineral (opción 2)</i>	
<i>Grupo</i>	
<i>Fórmula química</i>	
<i>Sistema cristalino</i>	
<i>Nombre del mineral (opción 3)</i>	
<i>Grupo</i>	
<i>Fórmula química</i>	
<i>Sistema cristalino</i>	

3.14 Referencias

Bush, R.M., Tasa, H., 2015. *Laboratory manual in physical geology*. Pearson (X edición).

4. ROCAS ÍGNEAS

Esta unidad temática de la asignatura de “Geología Física” tiene como objetivo que el alumno comprenda los procesos que originan las rocas ígneas, para poder describir y clasificar sus diferentes tipos y estructuras.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio enfocado a dibujar las principales texturas de las rocas ígneas;
- un ejercicio de relacionar columnas, enfocado a los principales cuerpos ígneos intrusivos;
- un ejercicio sobre la serie de reacción de Bowen;
- un ejercicio matemático enfocado a la clasificación mineralógica de las rocas ígneas;
- un ejercicio enfocado a la descripción de rocas ígneas en fotografías;
- una actividad práctica enfocada a la descripción y clasificación de las rocas ígneas en ejemplar de mano;
- una actividad práctica que permitirá localizar, describir e identificar diferentes formas volcánicas de México, utilizando el software libre de Google Earth.

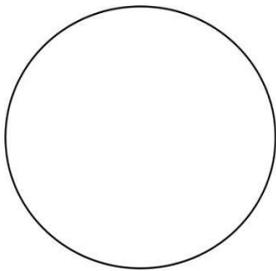
4.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. ¿Qué es un magma y cuáles son sus principales componentes?
2. ¿En qué manera es posible fundir una roca del manto? ¿Y una roca de la corteza terrestre?
3. Explica en qué manera la tasa de enfriamiento magmático afecta la textura de una roca ígnea.
4. Describe los diferentes tipos de rocas ígneas que se forman por enfriamiento del magma en la superficie terrestre.
5. Describe los diferentes tipos de rocas ígneas que se forman por enfriamiento del magma abajo de la superficie terrestre.
6. Define los siguientes términos: magma, roca ígnea, fenocristal, índice de porfiricidad.
7. ¿Cómo se lleva a cabo la clasificación mineralógica de las rocas ígneas?
8. ¿Cómo se lleva a cabo la clasificación química de las rocas ígneas?
9. ¿Qué es la diferenciación magmática? ¿Cómo se pueden formar rocas ígneas de composición diferente a partir de un mismo magma inicial?

10. ¿En qué consiste el proceso de cristalización fraccionada de un magma? ¿Cuál es su efecto en la composición del fundido residual, y por qué?
11. Describe brevemente en qué manera se producen las rocas ígneas intermedias y ácidas a partir de un magma basáltico.
12. ¿Cuáles son las propiedades físicas que controlan la modalidad eruptiva de un magma? ¿De qué dependen dichas propiedades?
13. ¿Cuál es la diferencia entre una erupción efusiva y una explosiva?
14. ¿Cómo y por qué ocurre la fragmentación del magma en las erupciones explosivas?
15. Explica la diferencia entre una lava pahoehoe, una lava aa y una lava en bloques. ¿A qué se deben sus diferencias morfológicas?
16. ¿Qué son las lavas almohadilladas y cómo se forman?
17. ¿Qué es la tefra, y cómo se clasifica?
18. Define los siguientes términos: erupción explosiva, lapilli, bomba, toba, pómez.
19. Describe las características principales de una erupción hawaiiana (modalidad de la erupción, tipo de magma que la puede disparar, productos emitidos).
20. Describe las características principales de una erupción estromboliana (modalidad de la erupción, tipo de magma que la puede disparar, productos emitidos).
21. Describe las características principales de una erupción vulcaniana (modalidad de la erupción, tipo de magma que la puede disparar, productos emitidos).
22. Describe la estructura de una columna eruptiva pliniana.
23. ¿Cómo se forman los depósitos de flujo piroclástico?
24. ¿Qué son las ignimbritas?
25. ¿Qué tipo de depósitos puede generar una erupción pliniana?
26. Describe las características principales de las erupciones freatomagmáticas (modalidad de la erupción, tipo de magma que la puede disparar, productos emitidos).

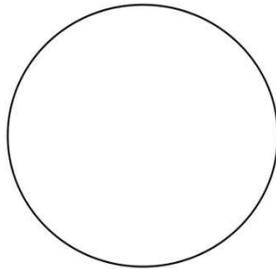
4.2 Ejercicio sobre la textura de las rocas ígneas

Dibuja en cada círculo la textura indicada, resaltando sus características principales.



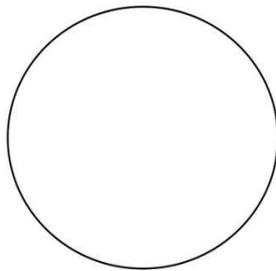
Textura afanítica:

Textura típica de las rocas volcánicas, en la cual los minerales son tan pequeños que no se pueden distinguir ni con la ayuda de la lupa. Es indicativa de un enfriamiento rápido del magma en la superficie terrestre.



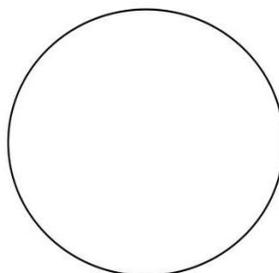
Textura fanerítica:

Textura típica de las rocas intrusivas, en la cual todos los minerales son distinguibles a simple vista. Esta textura se forma por el enfriamiento lento del magma abajo de la superficie terrestre.



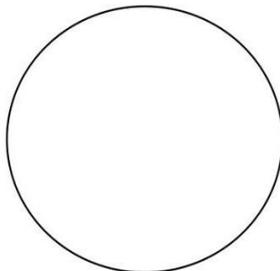
Textura porfídica:

Textura típica de las rocas volcánicas e hipabisales, en la cual fenocristales de mayor tamaño (enfriamiento más lento) están embebidos en una matriz más fina (enfriamiento más rápido).



Textura vesicular:

Textura típica de las rocas volcánicas, caracterizada por la presencia de huecos (vesículas) producidos por la liberación de volátiles durante el enfriamiento magmático.



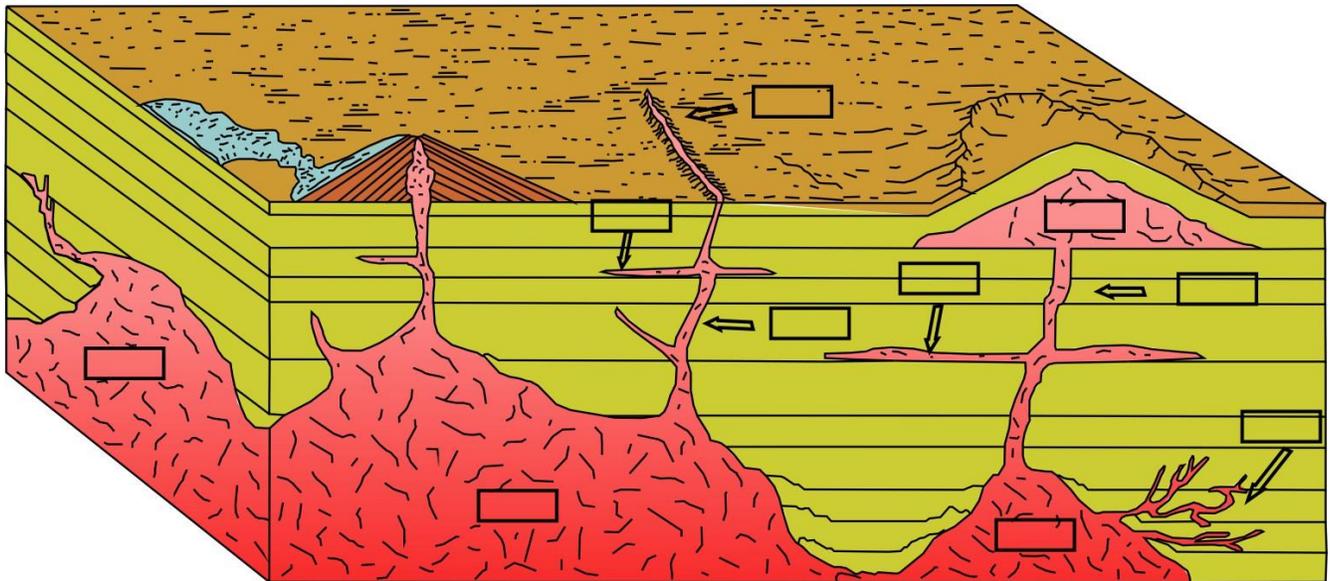
Textura pegmatítica:

Textura fanerítica en la cual los cristales presentan tamaños particularmente grandes (de algunos cm a decenas de cm). Se forma en las etapas finales de cristalización de magmas graníticos, cuando el alto contenido de volátiles en el líquido residual favorece la difusión de los iones y el crecimiento cristalino.

4.3 Ejercicio sobre los principales cuerpos ígneos intrusivos

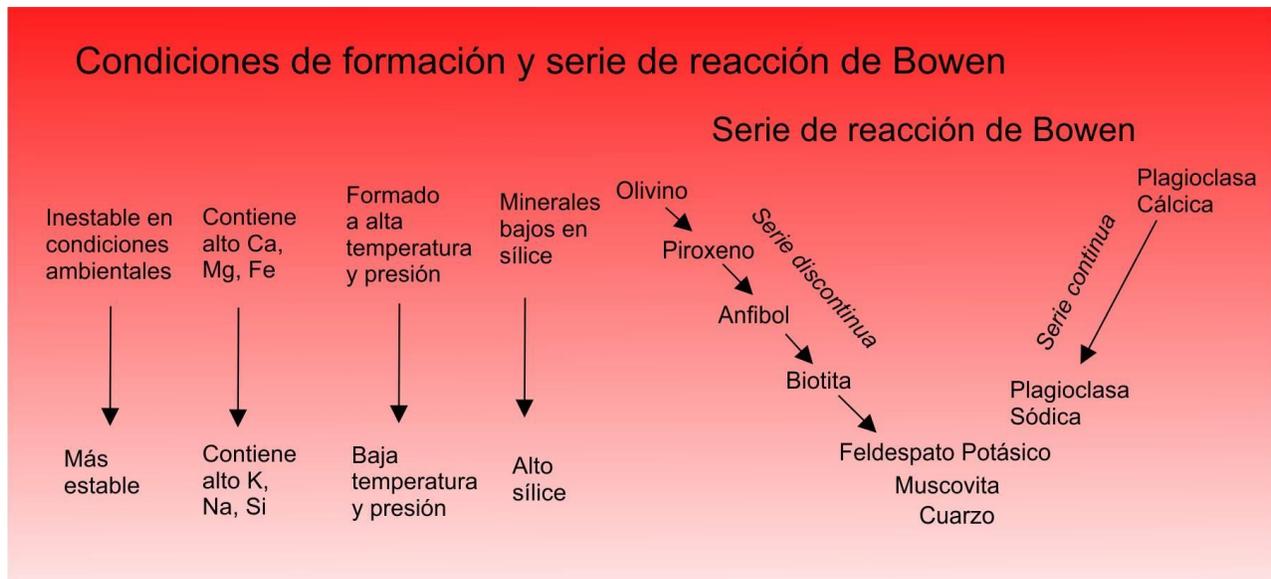
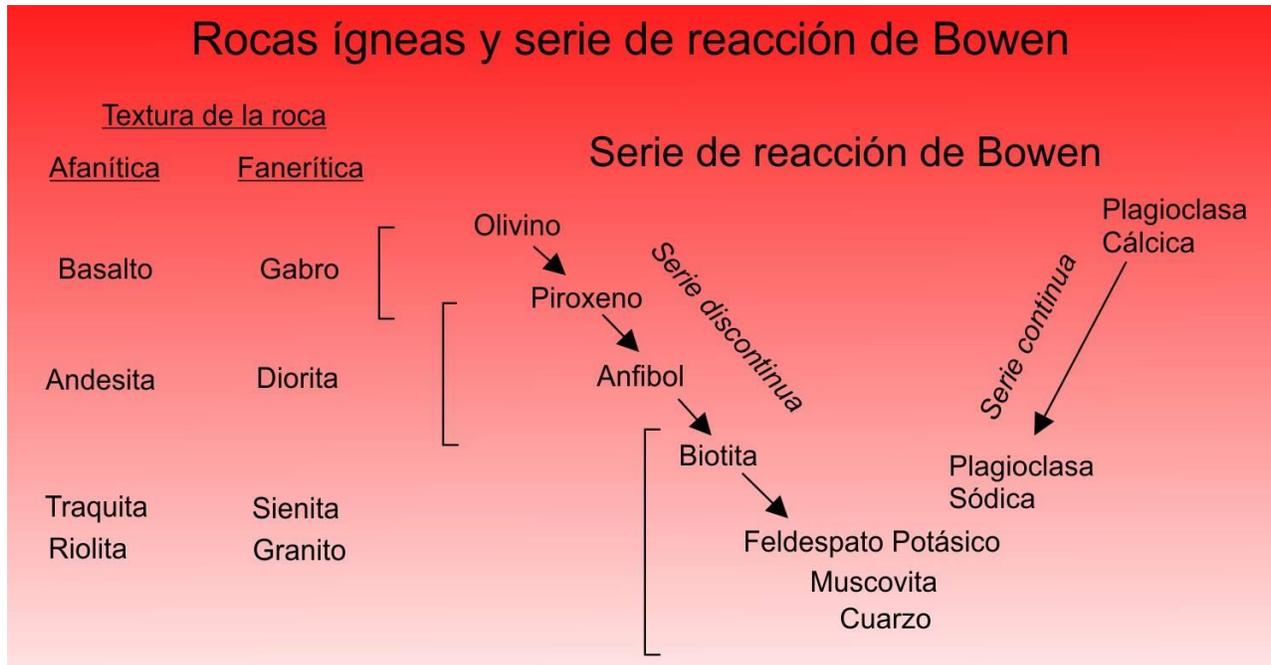
Relaciona cada término con la definición correcta, y con su representación en la figura de abajo.

1	Stock	<input type="checkbox"/> <i>Cuerpo tabular discordante</i>
2	Batolito	<input type="checkbox"/> <i>Cuerpo plutónico con una superficie expuesta > 100 km²</i>
3	Dique	<input type="checkbox"/> <i>Cuerpo plutónico con una superficie expuesta < 100 km²</i>
4	Sill	<input type="checkbox"/> <i>Cuerpo ígneo concordante; se forma cuando un magma muy viscoso se intrusiona entre los estratos rocosos de la corteza, formando una masa lenticular que deforma los estratos rocosos superiores</i>
5	Lacolito	<input type="checkbox"/> <i>Cuerpo tabular concordante; se forma cuando un magma muy fluido se intrusiona entre los estratos rocosos de la corteza, expandiéndose lateralmente</i>



4.4 Ejercicio enfocado a la serie de reacción de Bowen (modificado de Thomas, 2016)

Analiza las siguientes imágenes que relacionan la serie de reacción de Bowen con las características mineralógicas, texturales, químicas, y con las condiciones de formación de las rocas ígneas.



Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué minerales esperarías encontrar en las siguientes rocas?

- Basalto:
- Diorita:

- Granito:
 - Gabro:
- Si un magma se encuentra a alta temperatura y presión:
 - ¿Qué minerales se formarían si el magma se estuviera enfriando en el interior de la corteza terrestre?
 - ¿Qué minerales se formarían si el magma se estuviera enfriando arriba de la superficie terrestre?
 - ¿Cuál sería la diferencia entre las rocas formadas en los dos casos anteriores?
 - ¿Por qué no esperarías encontrar olivino en una riolita?
 - Si vieras cristales de cuarzo en un basalto, ¿cuál podría ser la explicación?

4.5 Ejercicio matemático enfocado a la clasificación mineralógica de las rocas ígneas

En la tabla abajo se enlista la composición mineralógica de diferentes rocas ígneas. Clasifica cada una de las rocas, utilizando los diagramas de clasificación mineralógica correspondiente.

Roca A	Roca B	Roca C	Roca D	Roca E
Cuarzo 3%	Cuarzo 30%	Clinopiroxeno 20%	Piroxeno 23%	Piroxeno 50%
Feld. alcalino 61%	Feld. alcalino 17%	Ortopiroxeno 10%	Feld. alcalino 34%	Anfíbol 23%
Plagioclasa 13%	Plagioclasa 28%	Plagioclasa 31%	Plagioclasa 10%	Plagioclasa 25%
Biotita 18%	Anfíbol 12%	Olivino 39%	Biotita 14%	Olivino 2%
Óxidos 5%	Granate 5%		Leucita 16%	
	Óxidos 8%		Óxidos 3%	

Clasificación mineralógica de las rocas ultramáficas

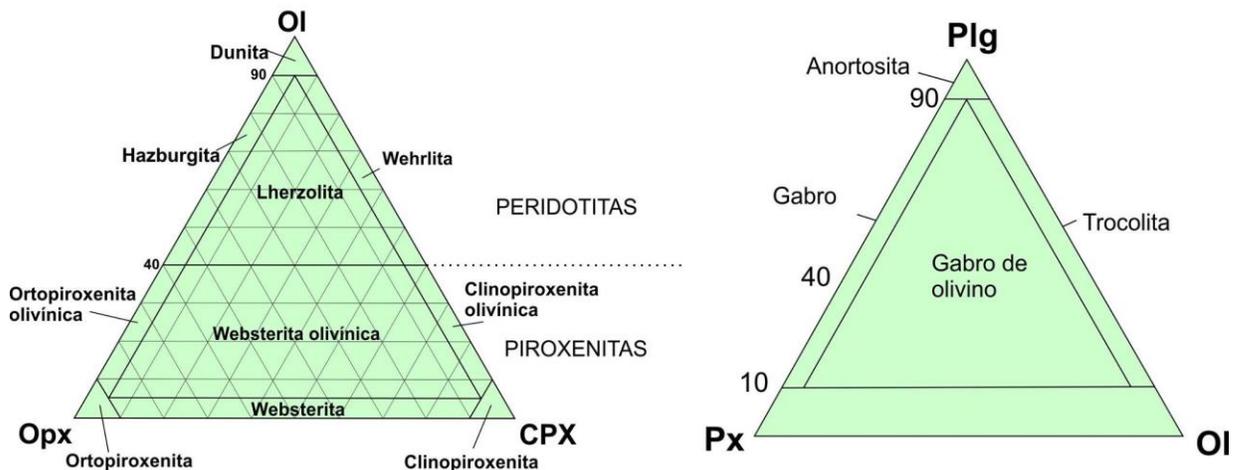
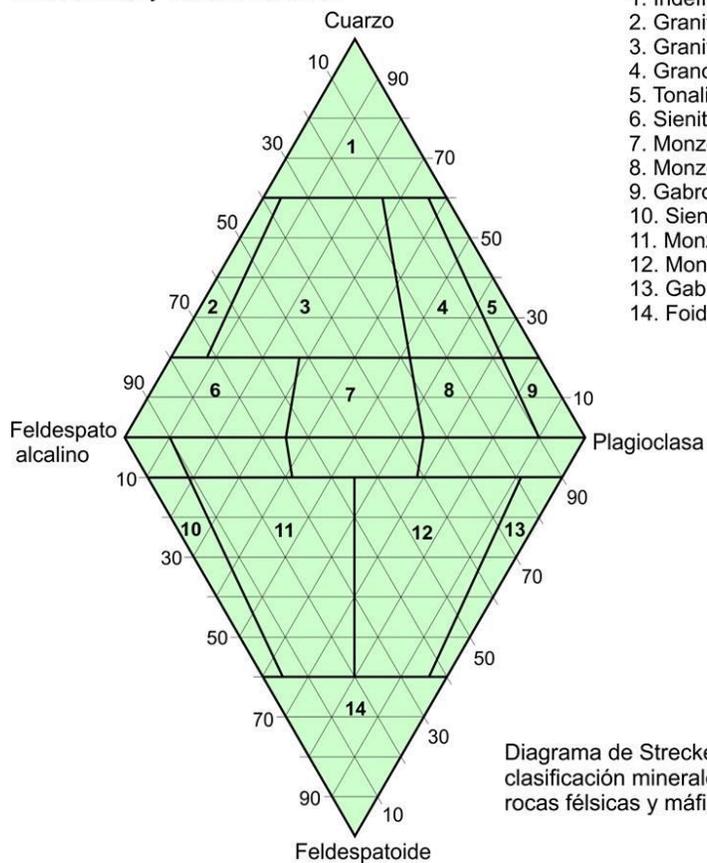


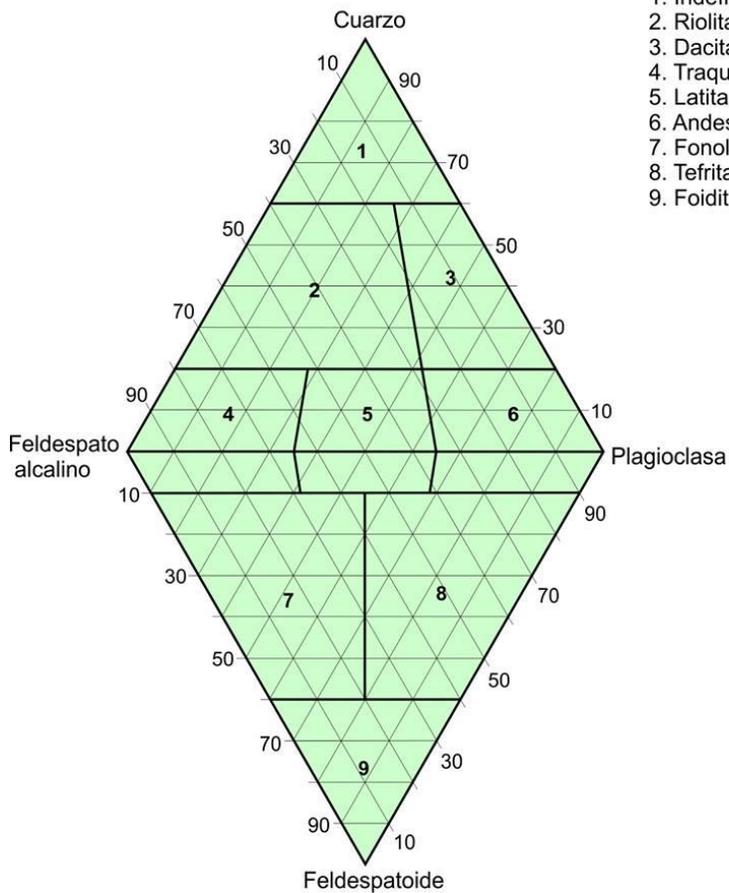
Diagrama de Streckeisen para la clasificación mineralógica de las rocas félsicas y máficas intrusivas



Rocas intrusivas

1. Indefinido
2. Granito de feldespato alcalino
3. Granito
4. Granodiorita
5. Tonalita
6. Sienita
7. Monzonita
8. Monzogabro
9. Gabro/Diorita
10. Sienita con foides
11. Monzosienita con foides
12. Monzogabro con foides
13. Gabro/Diorita con foides
14. Foidolita

Diagrama de Streckeisen para la clasificación mineralógica de las rocas félsicas y máficas efusivas

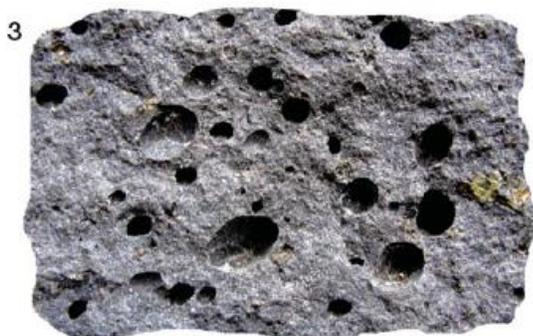


Rocas extrusivas

1. Indefinido
2. Riolita
3. Dacita
4. Traquita
5. Latita
6. Andesita/Basalto
7. Fonolita
8. Tefrita
9. Foidita

4.6 Ejercicio enfocado a la descripción de las rocas ígneas (modificado de Bush y Tasa, 2015)

Describe la composición mineralógica y la textura de las siguientes rocas ígneas.



4.7 Actividad práctica enfocada a la descripción y clasificación de rocas ígneas en ejemplar de mano

El estudiante aprenderá a describir la textura y composición mineralógica de las rocas ígneas; a utilizar los diagramas de clasificación mineralógica; y a correlacionar la composición mineralógica de las rocas ígneas con sus características geoquímicas.

Material necesario para el desarrollo de la práctica



- Una roca ígnea en muestra de mano
- Lupa
- Navaja de acero inoxidable
- Escala de la dureza de Mohs
- Microscopio estereoscópico

Desarrollo de la práctica

1. A cada alumno se le proporcionará una muestra de roca ígnea, y el material del laboratorio necesario para realizar la práctica.
2. Cada alumno observará con detalle y describirá las características texturales y mineralógicas de la roca examinada.
3. El alumno realizará un dibujo sencillo de la textura de la muestra examinada, señalando los atributos sobresalientes, e incluyendo una escala.
4. El alumno utilizará los diagramas de clasificación mineralógica para obtener el nombre de la roca ígnea examinada; y con base en ello se especificarán sus características químicas.

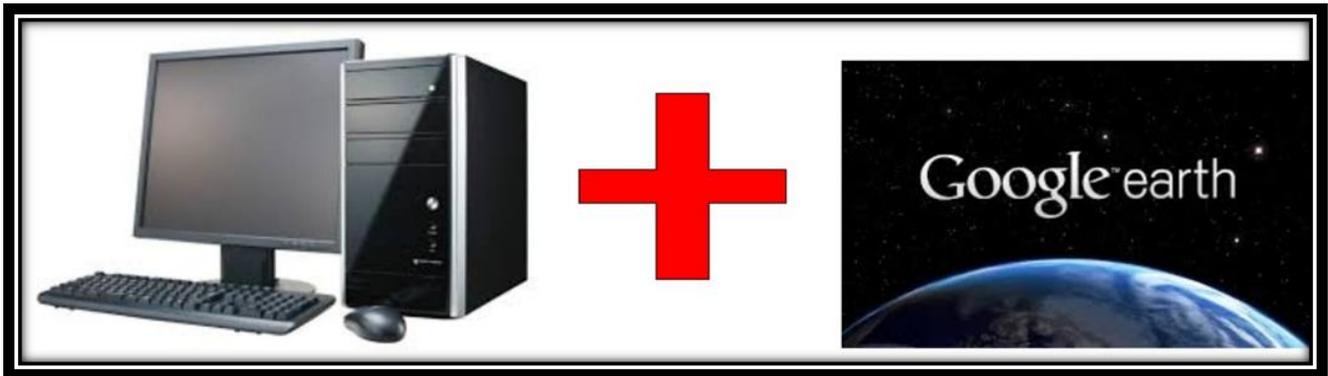
Clave de la muestra (roca intrusiva o volcánica efusiva)	
<i>Tipo de roca</i>	
<i>Granularidad</i>	
<i>Cristalinidad</i>	
<i>Tamaño de los cristales/fenocristales</i>	
<i>Composición mineralógica (indicar el porcentaje de los diferentes minerales y de matriz)</i>	
Clasificación mineralógica de la roca	
<i>Grado de basicidad/acidez</i>	
<i>Otras características químicas</i>	
<i>Información sobre la petrogénesis</i>	
Dibujo	

Clave de la muestra (roca volcánica piroclástica)	
<i>Granularidad</i>	
<i>Cristalinidad</i>	
<i>Tamaño de los componentes</i>	
<i>Tipo de componentes (indicar el porcentaje de los diferentes componentes)</i>	
Clasificación de la roca	
<i>Grado de basicidad/acidez</i>	
<i>Tipo de erupción que pudo producirla</i>	
Dibujo	

4.8 Actividad práctica enfocada a la localización, caracterización morfológica e identificación de diferentes formas volcánicas de México por medio de *Google Earth*

El estudiante aprenderá a reconocer diferentes tipos de edificios y estructuras volcánicas a partir de su análisis geomorfológico, utilizando el software libre de *Google Earth*.

Material necesario para el desarrollo de la práctica



- Equipo de computo
- Software *Google Earth*

Desarrollo de la práctica

1. A continuación se presenta una tabla en la cual se enlistan diferentes coordenadas geográficas, correspondientes a la ubicación de varios tipos de estructuras volcánicas de México.
2. Ingresa cada una de dichas coordenadas en el buscador de *Google Earth*, e identifica los diferentes tipos de estructuras y edificios volcánicos con base en sus características morfológicas, después de haber completado la tabla.

Coordenadas	Altura (m)	Diámetro basal (m)	Diámetro del cráter (m)	Estructura (caldera, domo, cono, volcán escudo, estratovolcán,...)
19°01'20"N 98°37'40"W				
17°21'36"N 93°13'40"W				
19°29'35"N 102°15'04"W				
18°34'01"N 95°12'00"W				
19°01'48"N 97°16'05"W				
18°47'00"N 110°57'00"W				
20°20'27"N 99°31'29"W				
21° 7'32"N 104°30'35"W				
18°38'59"N 98°45'53"W				

4.9 Referencias

Bush, R.M., Tasa, H., 2015. Laboratory manual in physical geology. Pearson (X edición).

Thomas, J.J. Bowen's reaction series. www.skidmore.edu/~jthomas/fairlysimpleexercises/brs.html.

5. METEORIZACIÓN, SUELO Y ROCAS SEDIMENTARIAS

Esta unidad temática de la asignatura de "Geología Física" tiene como objetivo que el alumno aprenda a distinguir los procesos de meteorización física y química y sus productos; además de conocer los procesos responsables de la formación de las rocas sedimentarias; que aprenda a describir y clasificar los diferentes tipos de rocas sedimentarias; y a interpretar sus características texturales y estructuras. Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio enfocado a reconocer diferentes tipos de meteorización;
- un ejercicio sobre los procesos responsables de la formación de las rocas sedimentarias detríticas;
- ejercicios de descripción, interpretación y clasificación de diferentes tipos de sedimentos y rocas sedimentarias por medio de ilustraciones y fotografías;
- un ejercicio enfocado a dibujar las principales estructuras sedimentarias;
- una actividad práctica enfocada a la descripción y clasificación de rocas sedimentarias en ejemplar de mano.

5.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. ¿En qué consisten los procesos gravitacionales, la meteorización y la erosión? ¿Por qué son tan importantes para el ciclo de las rocas?
2. ¿Qué es la meteorización? ¿Cuál es la diferencia entre meteorización física y química?
3. ¿En qué maneras la actividad biológica puede provocar la meteorización física de las rocas?
4. Explica brevemente el proceso de oxidación, citando algún ejemplo.
5. Explica cuáles son los principales factores que determinan el tipo y la intensidad de la meteorización.
6. ¿Qué es un suelo y cómo se forma? ¿Cuál es su relación con el regolito?
7. Menciona y describe brevemente cuáles son los principales componentes del suelo.
8. Explica brevemente algunos de los principales factores formadores del suelo.
9. Dibuja el perfil típico de un suelo bien desarrollado, describiendo brevemente las características principales de cada horizonte.
10. ¿Cuáles son los componentes principales de las rocas sedimentarias detríticas?
11. ¿Cuál es la diferencia entre matriz y cemento en las rocas sedimentarias detríticas? ¿Cuáles son las principales sustancias cementantes, y cómo se pueden reconocer?

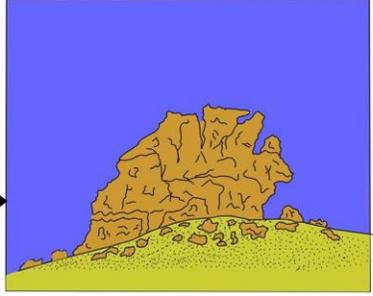
12. Define los siguientes términos: arenisca, grauvaca, cuarzoarenita, arcosa, litarenita.
13. Explica el concepto de madurez mineralógica y textural, con referencia a las rocas detríticas.
14. ¿Mediante cuáles procesos se pueden formar las rocas sedimentarias químicas?
15. ¿Cómo se pueden formar las rocas sedimentarias calizas?
16. Describe al menos dos tipos de calizas orgánicas.
17. Describe al menos dos tipos de calizas inorgánicas.
18. ¿Cómo se pueden formar las rocas sedimentarias silíceas?
19. ¿Qué son las evaporitas y cómo se forman?
20. Describe de manera clara y concisa los procesos de formación del carbón.
21. ¿Qué es un ambiente sedimentario? ¿En qué manera el ambiente determina el tipo de sedimentos que en él se acumulan?

5.2 Ejercicio sobre los tipos de meteorización

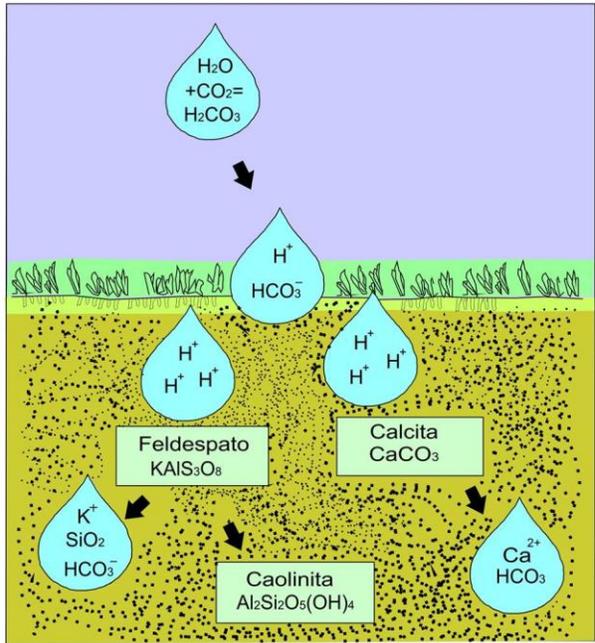
En las imágenes abajo se muestran diferentes procesos de meteorización. Por cada imagen, indica el tipo de meteorización (física o química) y el proceso representado, proporcionando una breve explicación de dicho proceso. Reporta la información en la tabla.

Imagen	1	2	3
<i>Tipo de meteorización</i>			
<i>Nombre del proceso</i>			
<i>Explicación</i>			

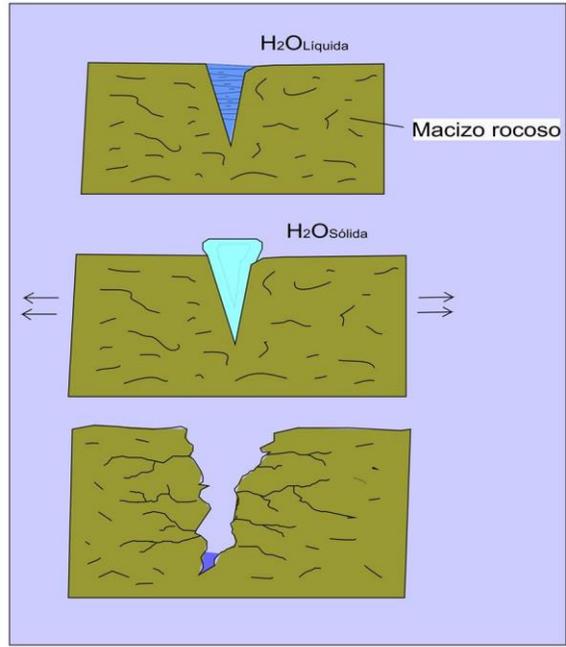
1



2

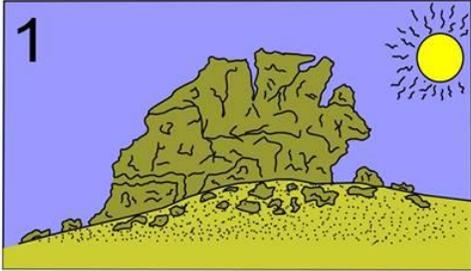


3

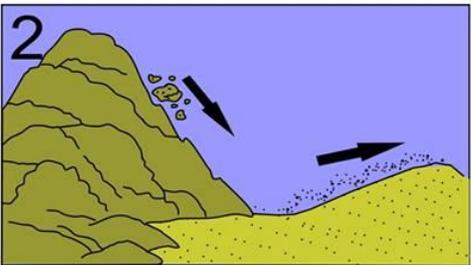


5.3 Ejercicio sobre los procesos de formación de las rocas sedimentarias detríticas

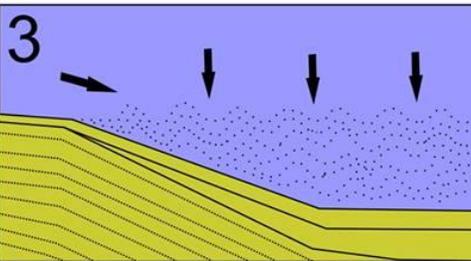
Basándote en la secuencia de imágenes, describe los principales procesos involucrados en la formación de las rocas sedimentarias detríticas.



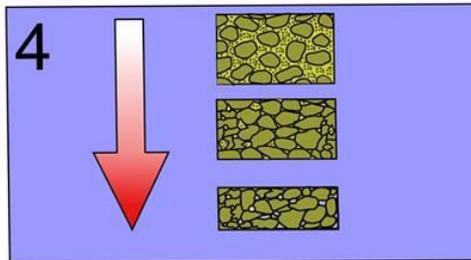
Nombre del proceso:
Explicación:



Nombre del proceso:
Explicación:



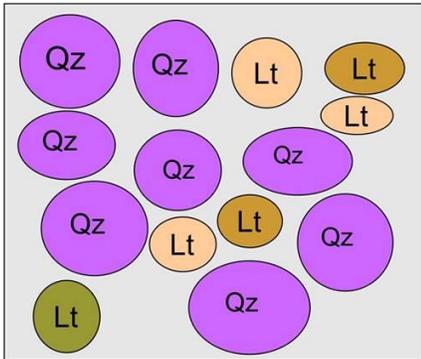
Nombre del proceso:
Explicación:



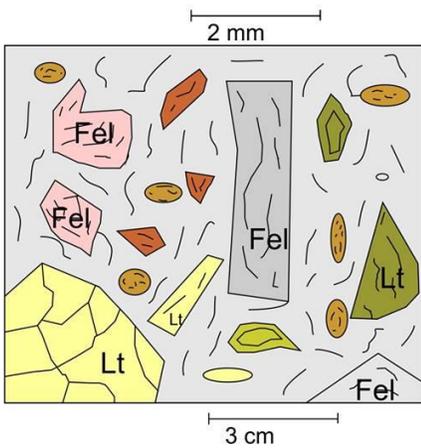
Nombre del proceso:
Explicación:

5.4 Ejercicio de descripción e interpretación de las características texturales de sedimentos y rocas detríticas (modificado de Bush y Tasa, 2015)

1. Se ilustran rocas sedimentarias detríticas con diferentes texturas. Por cada una, describe las principales características e interpreta las condiciones de formación.



Selección granulométrica:
 Composición granulométrica:
 Forma de los clastos:
 Madurez textural:
 Interpretación:



Selección granulométrica:
 Composición granulométrica:
 Forma de los clastos:
 Madurez textural:
 Interpretación:

2. En las fotografías abajo se muestran diferentes tipos de sedimento. Obsérvalos y completa el formato a lado de cada fotografía.

Muestra A



1. Rango del tamaño de grano en mm:
2. Porcentaje de clastos de tamaño:
Arcilla _____ Limo _____ Arena _____ Grava _____
3. Selección de granos (subraya):
Pobre Moderada Buena
4. Grado de redondeamiento (encierra):
Angular Subredondeado Bien redondeado
5. Composición del sedimento:
6. Describe cómo y en qué ambiente el sedimento pudo haberse formado:

Muestra B



1. Rango del tamaño de grano en mm:
2. Porcentaje de clastos de tamaño:
Arcilla _____ Limo _____ Arena _____ Grava _____
3. Selección de granos (subraya):
Pobre Moderada Buena
4. Grado de redondeamiento (encierra):
Angular Subredondeado Bien redondeado
5. Composición del sedimento:
6. Describe cómo y en qué ambiente el sedimento pudo haberse formado:

Muestra C



1. Rango del tamaño de grano en mm:
2. Porcentaje de clastos de tamaño:
Arcilla _____ Limo _____ Arena _____ Grava _____
3. Selección de granos (subraya):
Pobre Moderada Buena
4. Grado de redondeamiento (encierra):
Angular Subredondeado Bien redondeado
5. Composición del sedimento:
6. Describe cómo y en qué ambiente el sedimento pudo haberse formado:

5.5 Ejercicio sobre las principales estructuras sedimentarias

Dibuja las siguientes estructuras sedimentarias.

Estratificación:



Rizaduras (ripples):



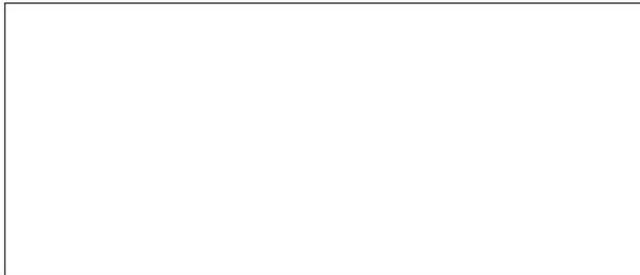
Laminación:



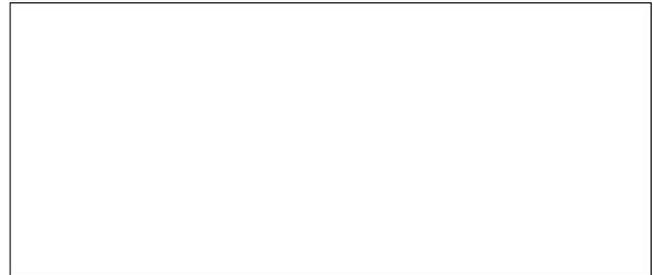
Polígonos de desecación:



Gradación:

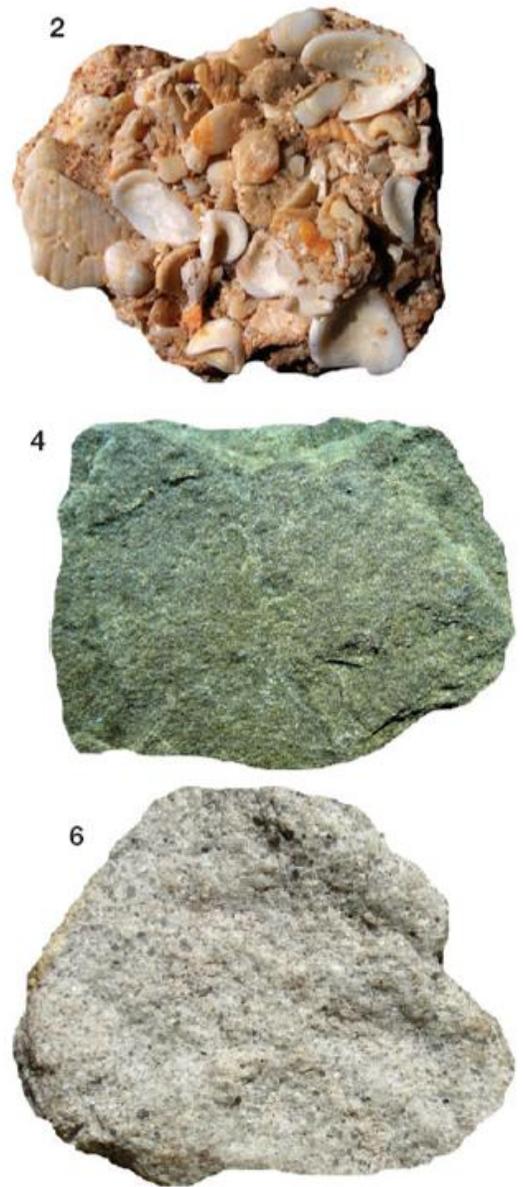
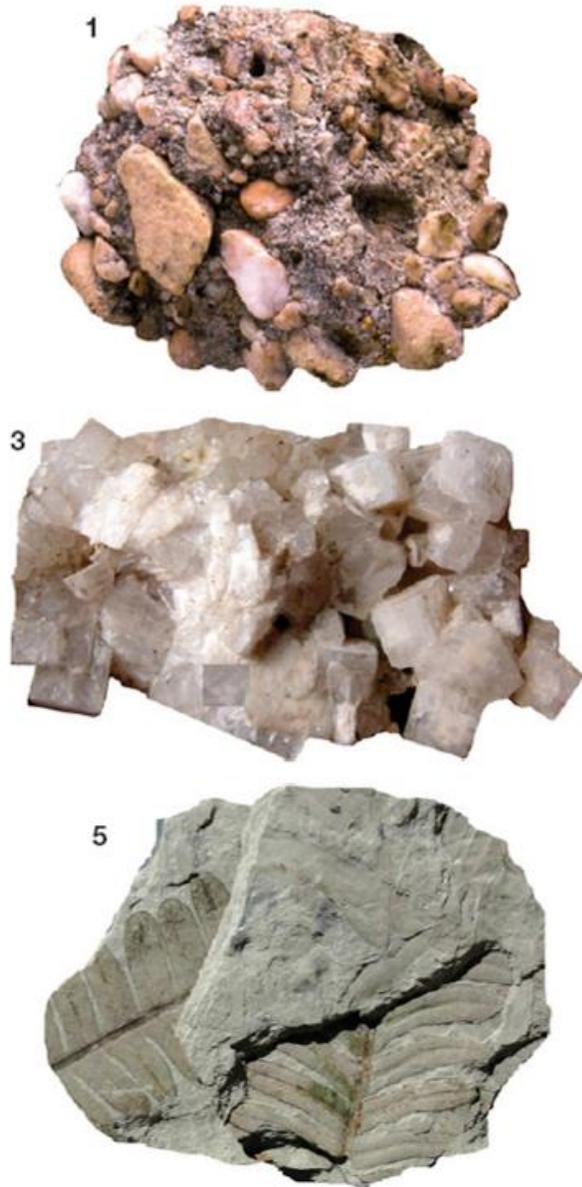


Fósiles:



5.6 Ejercicio de descripción y clasificación de rocas sedimentarias en fotografía (modificado de Bush y Tasa, 2015)

Describe la composición y textura de las siguientes rocas sedimentarias.



5.7 Actividad práctica enfocada a la descripción y clasificación de rocas sedimentarias en ejemplar de mano

El estudiante aprenderá a describir la composición, textura y estructuras de las rocas sedimentarias; y a relacionar dichas características con los procesos involucrados en la formación de dichas rocas.

Material necesario para el desarrollo de la práctica



- Una roca sedimentaria en muestra de mano
- Lupa
- Gotero con ácido clorhídrico diluido al 10%
- Navaja de acero inoxidable
- Escala de la dureza de Mohs
- Microscopio estereoscópico

Desarrollo de la práctica

1. A cada alumno se le proporcionará una muestra de roca sedimentaria, y el material del laboratorio necesario para realizar la práctica.
2. Cada alumno observará con detalle y describirá las características texturales y el tipo de componentes que conforman la roca examinada.
3. El alumno realizará un dibujo sencillo de la textura de la muestra examinada, señalando los atributos sobresalientes, e incluyendo una escala.

4. El alumno clasificará la roca sedimentaria examinada; y proporcionará información sobre el ambiente sedimentario y las condiciones de formación.

Clave de la muestra (roca detrítica)	
<i>Tamaño de los clastos</i>	
<i>Tipo de clastos en orden de abundancia</i>	
<i>Porcentaje de matriz</i>	
<i>Composición del cemento</i>	
<i>Grado de redondez de los clastos</i>	
<i>Selección de los clastos</i>	
<i>Grado de madurez mineralógica y textural</i>	
<i>Estructuras sedimentarias presentes</i>	
<i>Información sobre el transporte y el ambiente sedimentario</i>	
Clasificación de la roca	
Dibujo	

Clave de la muestra (roca química)	
<i>Reacción con HCl</i>	
<i>Dureza</i>	
<i>Composición mineralógica</i>	
<i>Características texturales</i>	
<i>Estructuras sedimentarias presentes</i>	
<i>Origen</i>	
<i>Ambiente de formación</i>	
Clasificación de la roca	
Dibujo	

5.9 Referencias

Bush, R.M., Tasa, H., 2015. Laboratory manual in physical geology. Pearson (X edición).

6. METAMORFISMO Y ROCAS METAMÓRFICAS

Esta unidad temática de la asignatura de “Geología Física” tiene como objetivo que el alumno conozca los diferentes tipos de metamorfismo, los factores que los producen, y los cambios texturales-mineralógicos-químicos que pueden sufrir las rocas sometidas a dichos procesos.

Para facilitar el alcance de estos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio sobre los tipos de metamorfismo y sus factores desencadenantes;
- un ejercicio enfocado a analizar una trayectoria metamórfica que podría experimentar una roca;
- un ejercicio enfocado a representar algunas texturas metamórficas;
- un ejercicio de descripción y clasificación de rocas metamórficas en fotografías;
- un ejercicio mirado a analizar los cambios texturales que puede sufrir una roca por efecto del metamorfismo;
- una actividad práctica enfocada a la descripción y clasificación de rocas metamórficas en ejemplar de mano.

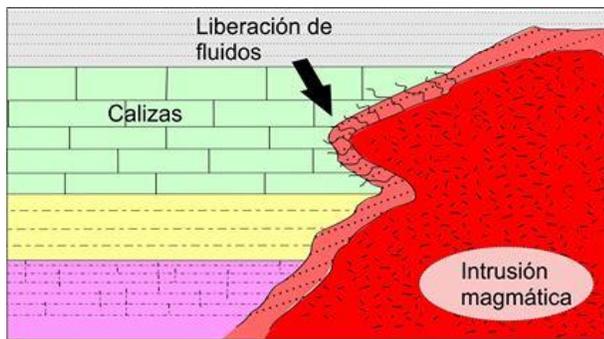
6.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. ¿Qué es el metamorfismo? ¿Cuáles son los principales factores responsables del metamorfismo?
2. Describe de manera clara y concisa el proceso del metamorfismo térmico o de contacto.
3. Describe de manera clara y concisa el proceso del metamorfismo hidrotermal.
4. Describe de manera clara y concisa el proceso del metamorfismo regional.
5. Describe de manera clara y concisa el proceso del ultrametamorfismo.
6. ¿Qué es una milonita y cómo se forma?
7. ¿Cómo se mide la intensidad del metamorfismo? ¿Qué es un metamorfismo prógrado?
8. Enumera y describe brevemente algunos de los cambios que pueden ocurrir a una roca en respuesta a los procesos metamórficos. ¿De qué depende la entidad de las transformaciones?
9. Describe de manera clara y concisa qué es una foliación, y cómo se puede producir.
10. Explica la diferencia entre la textura esquistosa y el bandeamiento gneísico. ¿Cómo se producen estas texturas?
11. ¿Qué es una facies metamórfica? Menciona una facies metamórfica, indicando las condiciones de presión y temperatura en las cuales se forma, y los minerales que la caracterizan.

12. Define los siguientes términos: migmatita, milonita, metamorfismo retrógrado, facies metamórfica, facies de eclogita.

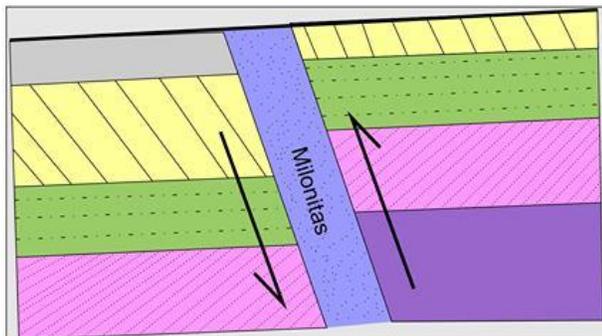
13. Define los siguientes términos: presión dirigida, aureola metamórfica, corneana, metasomatismo, skarn.

6.2 Ejercicio sobre los tipos de metamorfismo

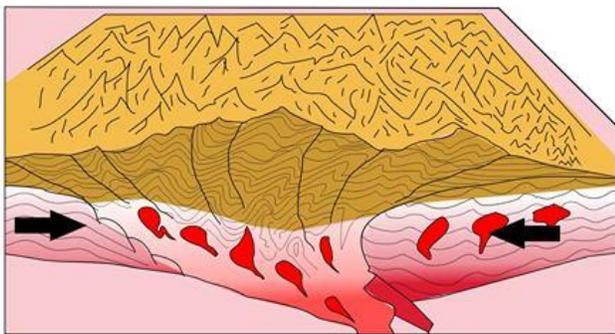


Indica el tipo de metamorfismo representado en las siguientes figuras, y los factores responsables de cada proceso.

Tipo de metamorfismo:
Factores principales:
Tipo de metamorfismo en contacto con las calizas:
Factores principales:



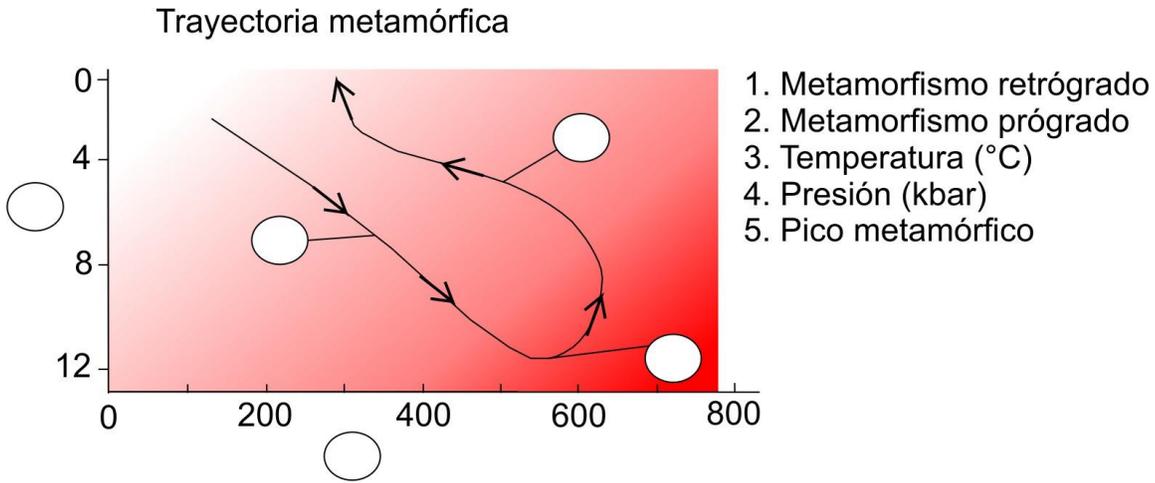
Tipo de metamorfismo:
Factores principales:



Tipo de metamorfismo:
Factores principales:

6.3 Ejercicio sobre la trayectoria metamórfica de una roca

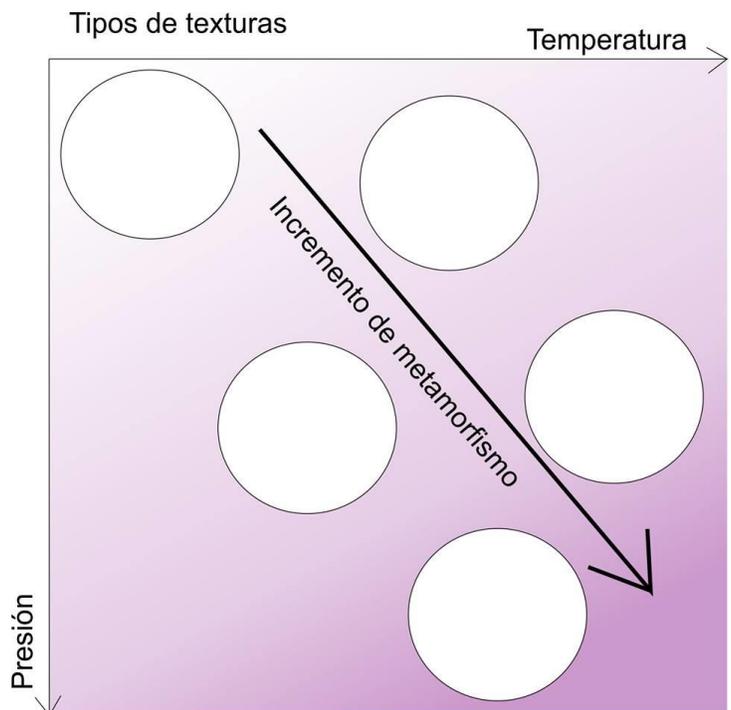
Completa el esquema abajo en el cual se representa una trayectoria metamórfica, y propón una posible explicación para el proceso.



Explicación:

6.4 Ejercicio sobre las texturas metamórficas

Dibuja las texturas metamórficas que se podrían desarrollar durante el metamorfismo regional prógrado de una lutita.



6.5 Ejercicio de descripción y clasificación de rocas metamórficas (modificado de Bush y Tasa, 2015)

Describe las principales características texturales y clasifica las siguientes rocas metamórficas, procurando reconocer el tipo de metamorfismo que sufrieron.



6.6 Ejercicio sobre las transformaciones texturales que sufren las rocas metamórficas (modificado de Bush y Tasa, 2015)

1. Analiza las imágenes mostradas abajo. Las rocas se componen del mismo mineral: ¿Cuál? ¿Cómo podrías comprobarlo? ¿En qué difieren las texturas de ambas rocas?

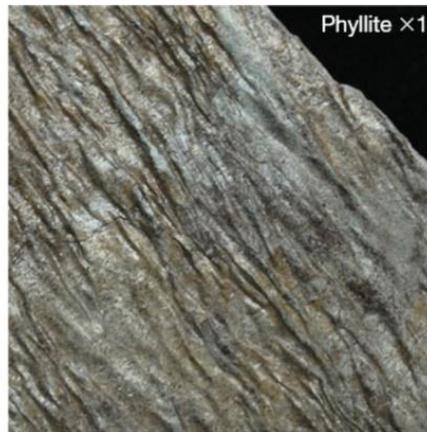
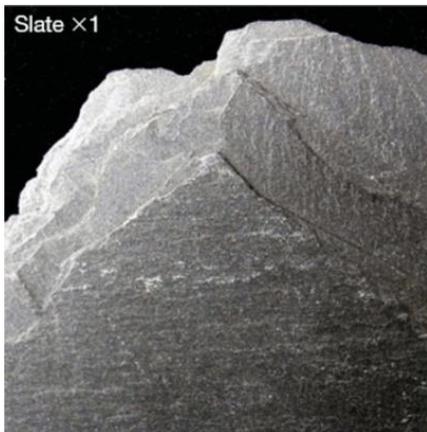


Caliza



Mármol

2. Las siguientes imágenes muestran la textura de rocas producidas por un metamorfismo regional pródigo de una lutita, es decir, una pizarra, una filita y un esquisto.



Describe el cambio en el tamaño de grano desde la pizarra al esquisto. ¿En qué difiere la textura de la filita de la del esquisto? ¿Qué información proporciona la orientación preferente de las micas y arcillas en las rocas?

6.7 Actividad práctica enfocada a la descripción y clasificación de rocas metamórficas en ejemplar de mano

El estudiante aprenderá a describir la textura y composición mineralógica de las rocas metamórficas, a clasificarlas, a identificar el protolito, y el tipo de metamorfismo que éste sufrió.



Material necesario para el desarrollo de la práctica

- Una roca metamórfica en muestra de mano
- Lupa
- Gotero con ácido clorhídrico diluido al 10%
- Navaja de acero inoxidable
- Escala de la dureza de Mohs
- Microscopio estereoscópico

Desarrollo de la práctica

1. A cada alumno se le proporcionará una muestra de roca metamórfica, y el material del laboratorio necesario para realizar la práctica.
2. Cada alumno observará con detalle y describirá las características texturales y mineralógicas de la muestra examinada.
3. El alumno realizará un dibujo sencillo de la textura de la muestra examinada, señalando los atributos sobresalientes, e incluyendo una escala.

4. El alumno clasificará la roca metamórfica examinada; y proporcionará información sobre el protolito y el tipo e intensidad del metamorfismo que éste sufrió.

Clave de la muestra	
<i>Estructura (foliada/no foliada, tipo de foliación)</i>	
<i>Textura (forma, tamaño y distribución de los minerales)</i>	
<i>Minerales presentes (abundancia %)</i>	
Clasificación de la roca	
<i>Protolito</i>	
<i>Tipo de metamorfismo</i>	
<i>Grado metamórfico</i>	
<i>Facies metamórfica</i>	
Dibujo	

6.8 Referencias

Bush, R.M., Tasa, H., 2015. Laboratory manual in physical geology. Pearson (X edición).

7. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PLANETA TIERRA

Esta unidad temática de la asignatura de “Geología Física” tiene como objetivo que el alumno conozca las principales características físicas y químicas de las capas que conforman la estructura de la Tierra.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- ejercicios enfocados a distinguir los diferentes tipos de ondas sísmicas;
- un ejercicio sobre las características de las diferentes capas de la Tierra;
- un ejercicio sobre el gradiente geotérmico.

7.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. Define los siguientes términos: terremoto, onda sísmica, hipocentro, epicentro, onda S.
2. ¿Cuáles son las propiedades de las ondas sísmicas que los geofísicos utilizan para definir la estructura de la Tierra?
3. ¿Cuáles son los factores que pueden determinar una variación en la velocidad y/o en la trayectoria de las ondas sísmicas?
4. Describe y explica brevemente en qué maneras podemos conocer la composición de la Tierra.
5. Describe brevemente las asociaciones mineralógicas típicas de las rocas de la corteza oceánica, de la corteza continental y del manto superior.
6. Explica a qué se debe el incremento progresivo de la densidad con la profundidad en el manto.

7.2 Ejercicios sobre las ondas sísmicas

1. Completa la siguiente tabla describiendo las características principales de los diferentes tipos de ondas sísmicas.

Tipo de onda	Características
<i>P</i>	
<i>S</i>	
<i>Rayleigh</i>	
<i>Love</i>	

2. Lee las siguientes afirmaciones, indicando si son verdaderas (V) o falsas (F).

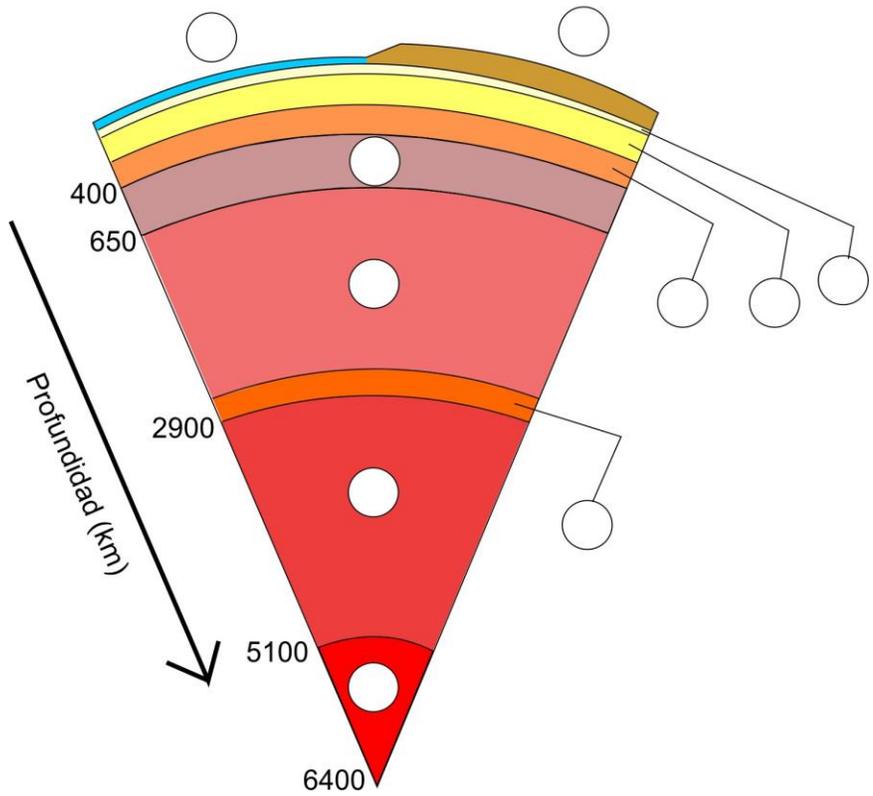
<i>Un terremoto es una explosión en el interior de la Tierra producida por una lenta liberación de su energía interna</i>	
<i>La velocidad de las ondas sísmicas disminuye al aumentar la densidad del medio que atraviesan</i>	
<i>Cuando las ondas sísmicas atraviesan materiales con propiedades físico-químicas diferentes, su trayectoria es desviada</i>	
<i>Los cambios en la trayectoria y velocidad de propagación de las ondas sísmicas nos permiten sondear el interior de la Tierra y conocer su estructura</i>	
<i>Las variaciones en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas pueden relacionarse con variaciones en el estado físico del medio atravesado</i>	

7.3 Ejercicio sobre las características de las diferentes capas de la Tierra

Completa la tabla describiendo las características principales de las diferentes capas y superficies de discontinuidad de la Tierra. Posteriormente, completa la figura abajo indicando a qué número de la tabla (última columna) corresponde cada capa.

Capa	Características	#
<i>Corteza</i>	<i>Continental</i>	<i>1</i>
	<i>Oceánica</i>	<i>2</i>
<i>Disc. Mohorovičić</i>		<i>3</i>
<i>Manto superior</i>	<i>Manto litosférico</i>	<i>4</i>
	<i>Manto astenosférico</i>	<i>5</i>
<i>Zona de transición</i>		<i>6</i>
<i>Manto inferior</i>		<i>7</i>
<i>Disc. Gutenberg</i>		<i>8</i>
<i>Núcleo</i>	<i>Externo</i>	<i>9</i>
	<i>Interno</i>	<i>10</i>

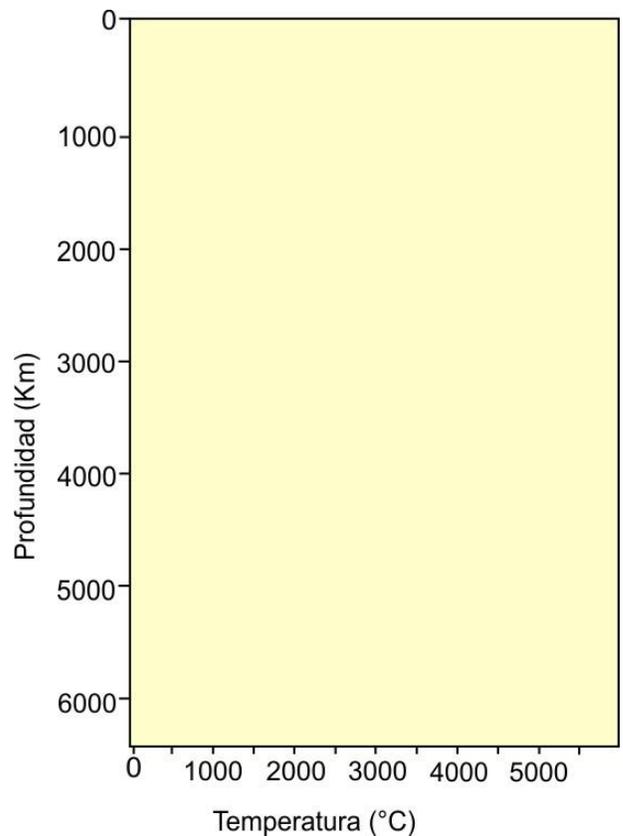
Estructura interna de la Tierra



7.4 Ejercicio sobre el gradiente geotérmico

Con base en el siguiente enunciado, dibuja el patrón del gradiente geotérmico en un diagrama de Profundidad contra Temperatura, delimitando los límites entre las diferentes capas del planeta.

“La Tierra presenta una temperatura de ~0 °C en la superficie, y de aproximadamente 5,500 °C en su centro. A ~100 km de profundidad la temperatura presenta un valor de 1400 °C, mientras que alcanza los 2,800 °C a 2,700 km de profundidad, y los 4,000 °C en el límite manto-núcleo (2,900 km). Del límite manto-núcleo al centro de la Tierra, la temperatura incrementa de 4,000 °C a 5,500 °C”.



8. LA TECTÓNICA DE PLACAS

Esta unidad temática de la asignatura de “Geología Física” tiene como objetivo que el alumno conozca los principios básicos de la tectónica de placas, y que entienda la relación entre los movimientos de las placas tectónicas y el desarrollo de sismicidad y volcanismo.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

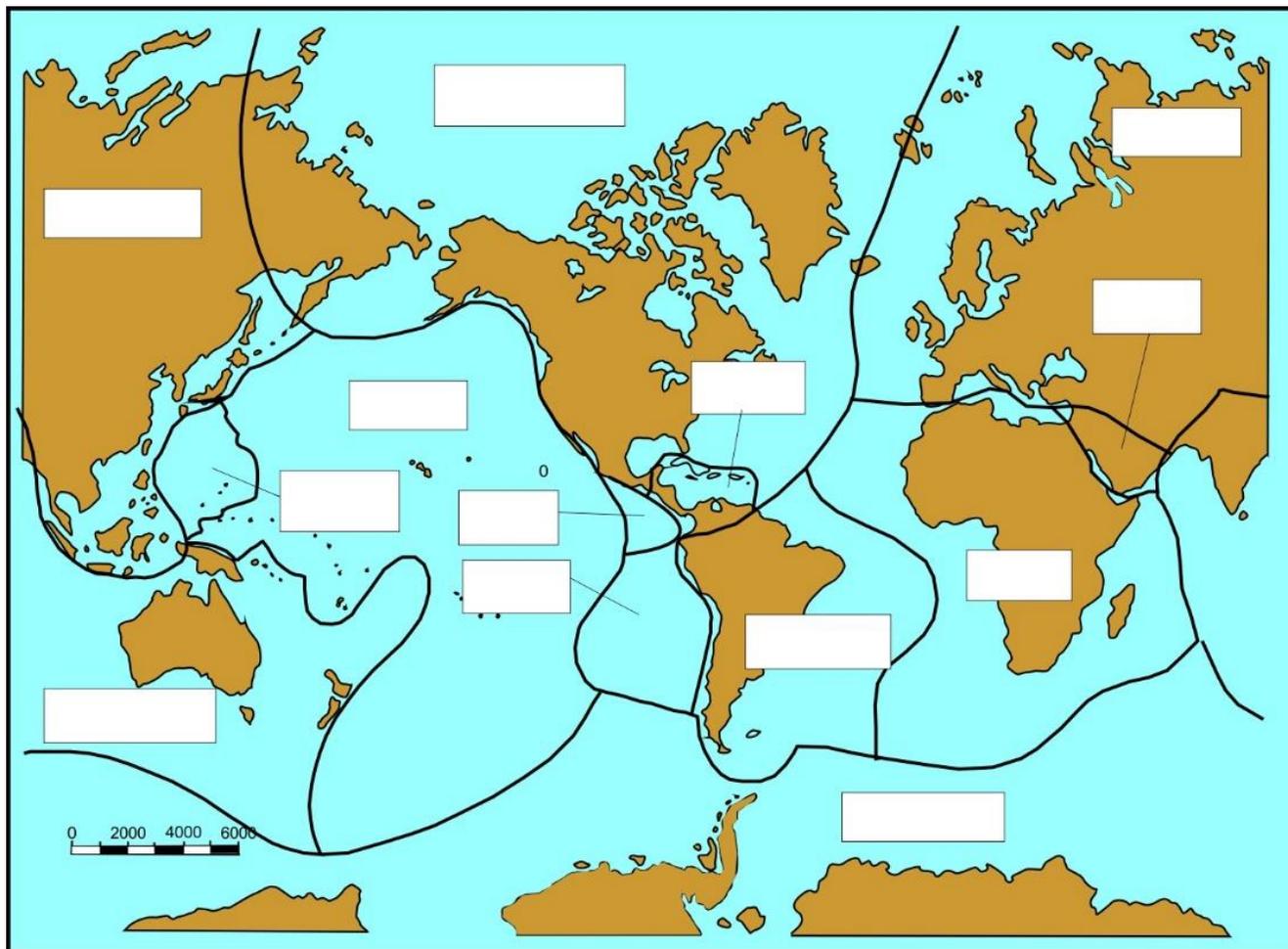
- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio sobre la identificación de las placas tectónicas de la Tierra;
- un ejercicio sobre los límites de placas;
- un ejercicio enfocado a calcular la tasa de expansión de una dorsal meso-oceánica;
- una actividad práctica sobre la expansión del piso oceánico haciendo uso del software libre *GeoMapApp*.

8.1 Cuestionario sobre la unidad temática

1. Describe brevemente la hipótesis de Wegener sobre la deriva de los continentes.
2. Describe las principales evidencias geomorfológicas, paleoclimáticas y paleontológicas que respaldaban la hipótesis de Wegener sobre la deriva de los continentes.
3. Describe la hipótesis de expansión del fondo oceánico de Hess.
4. Describe los principios básicos de la teoría de la tectónica de placas.
5. Describe los principales procesos que tienen lugar en márgenes de placas convergentes, divergentes y transformantes.
6. ¿Qué es un rift continental y cómo se forma?
7. Describe brevemente las etapas que llevan a la formación de las cadenas montañosas, según el modelo de la tectónica de placas.
8. ¿Qué son las plumas del manto? ¿En qué manera pueden proporcionarnos una prueba del movimiento de las placas tectónicas?

8.2 Ejercicio sobre la identificación de las placas tectónicas

En los espacios correspondientes indica el nombre de las diferentes placas tectónicas.



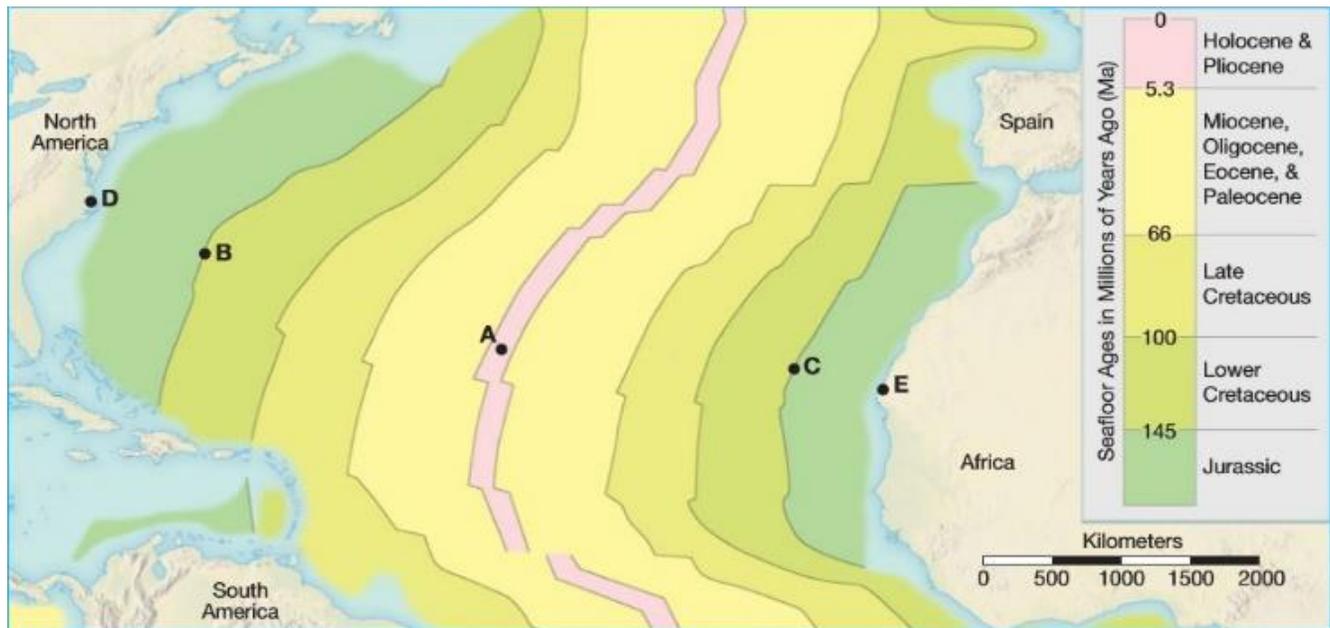
8.3 Ejercicio sobre los límites de placas

Indica si las siguientes oraciones son verdaderas (V) o falsas (F).

<i>La divergencia entre dos placas tectónicas permite el ascenso de magmas</i>	
<i>Los márgenes divergentes coinciden geográficamente con grandes orógenos</i>	
<i>Los límites divergentes se caracterizan por presentar vulcanismo y sismicidad</i>	
<i>Las dorsales con tasa de expansión lenta se caracterizan por presentar un rift muy marcado</i>	
<i>En correspondencia de las márgenes convergentes se desarrollan fosas oceánicas y arcos insulares</i>	
<i>Los límites convergentes se caracterizan por carecer de vulcanismo</i>	
<i>Los arcos de islas se forman cuando una litósfera oceánica subduce bajo una litosfera continental</i>	
<i>Los límites transformantes se encuentran en correspondencia de grandes orógenos</i>	
<i>Los límites transformantes se caracterizan por producir solo sismicidad</i>	
<i>Los volcanes de Japón se producen en un contexto tectónico convergente</i>	
<i>La ciudad de Los Ángeles se encuentra en correspondencia de una margen de placa transformante</i>	
<i>En correspondencia de las dorsales meso-oceánicas el flujo convectivo del manto se mueve hacia abajo</i>	

8.4 Ejercicio sobre la tasa de expansión de una dorsal oceánica (modificado de Bush y Tasa, 2015)

El siguiente mapa muestra las edades del piso oceánico que separa Norteamérica de África.



1. Dibuja en el mapa una línea roja que indique la localización exacta del límite entre las placas Norteamericana, Africana y Euroasiática.
2. Dibuja en el mapa dos líneas azules que muestren la localización de dos diferentes fallas transformantes.
3. Los puntos B y C estuvieron juntos hace 145 M.a., y sin embargo el piso oceánico no se separó a la misma tasa en ambos lados de la dorsal. ¿Cómo puedes saberlo?
4. ¿Qué tan lejos (en km) están actualmente los puntos B y C?
5. Calcula a qué velocidad promedio (en kilómetros/M.a.) B y C se han alejado uno de otro durante los últimos 145 M.a.

8.5 Actividad práctica sobre la expansión del piso oceánico usando *GeoMapApp* (modificada de Goodwillie y Kluge, 2011)

El alumno utilizará un software libre para calcular la tasa de expansión del piso oceánico en diferentes segmentos de dorsales meso-oceánicas.

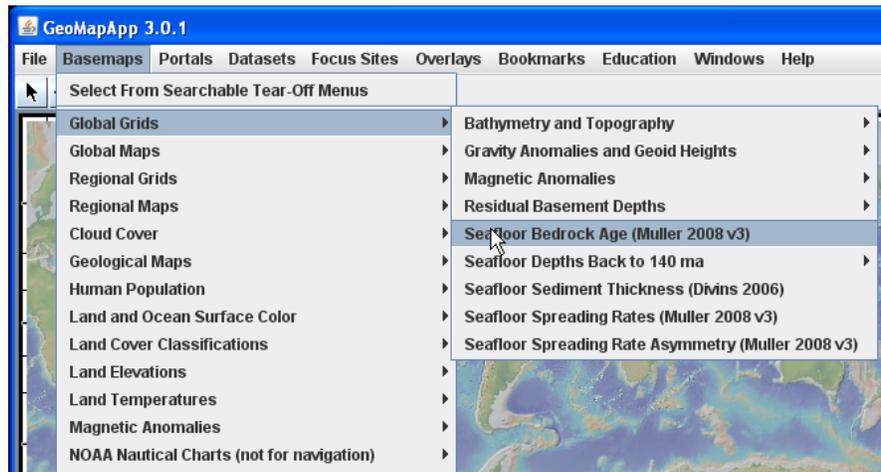
Material necesario para el desarrollo de la práctica

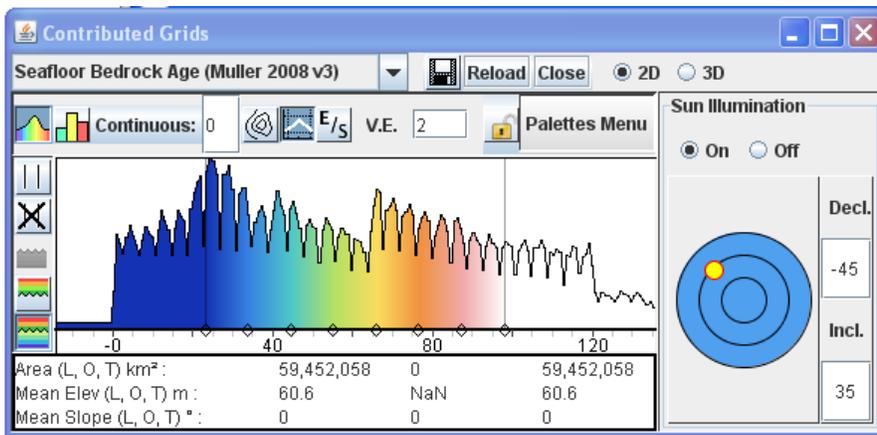


- Equipo de computo
- Software *GeoMapApp*

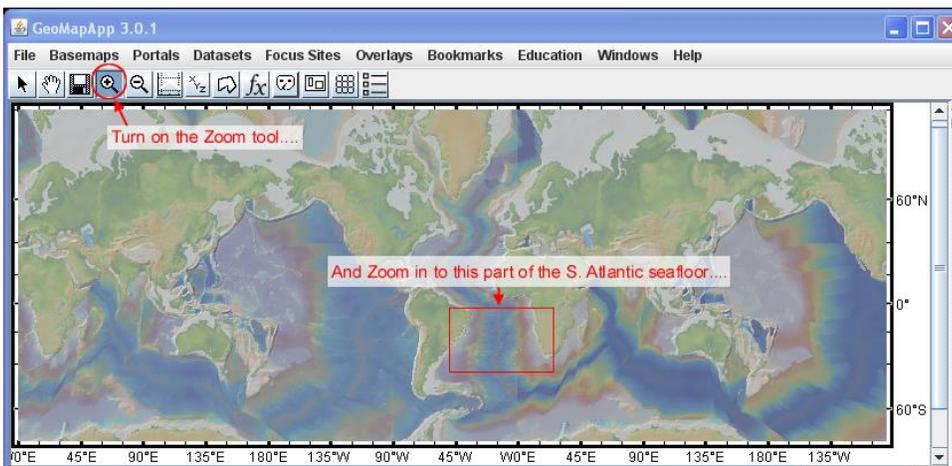
Desarrollo de la práctica

1. Abre el programa *GeoMapApp*. En la pestaña *Basemaps* selecciona *Global Grids > Seafloor Bedrock Age*. Una vez cargada la pestaña *Seafloor Bedrock Age*, aparecerá una ventana de *Contributed Grids* (puede aparecer en la barras de tareas de Windows).

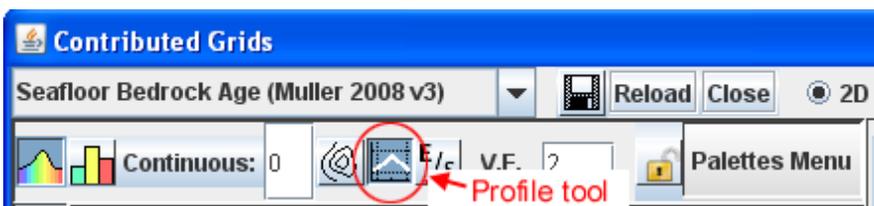




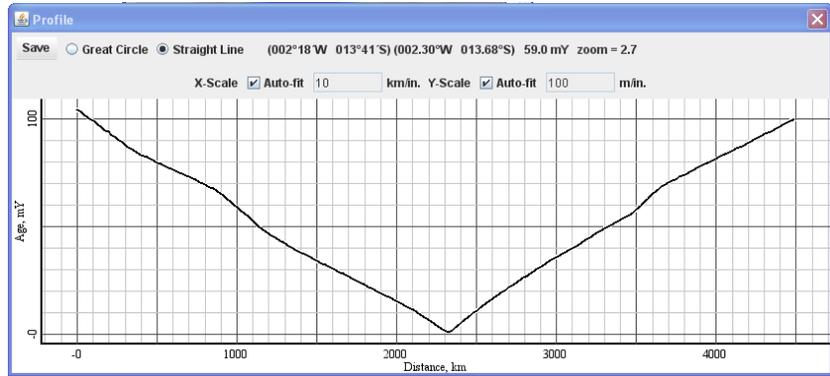
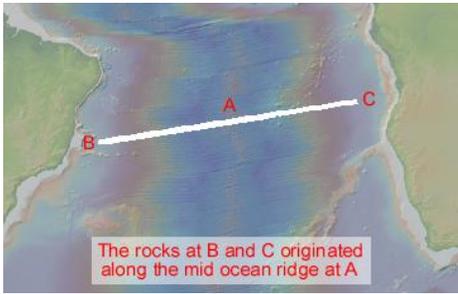
2. En la ventana de *GeoMapApp*, con la herramienta del Zoom  enfoca el piso del Atlántico Meridional como se muestra en la figura abajo.



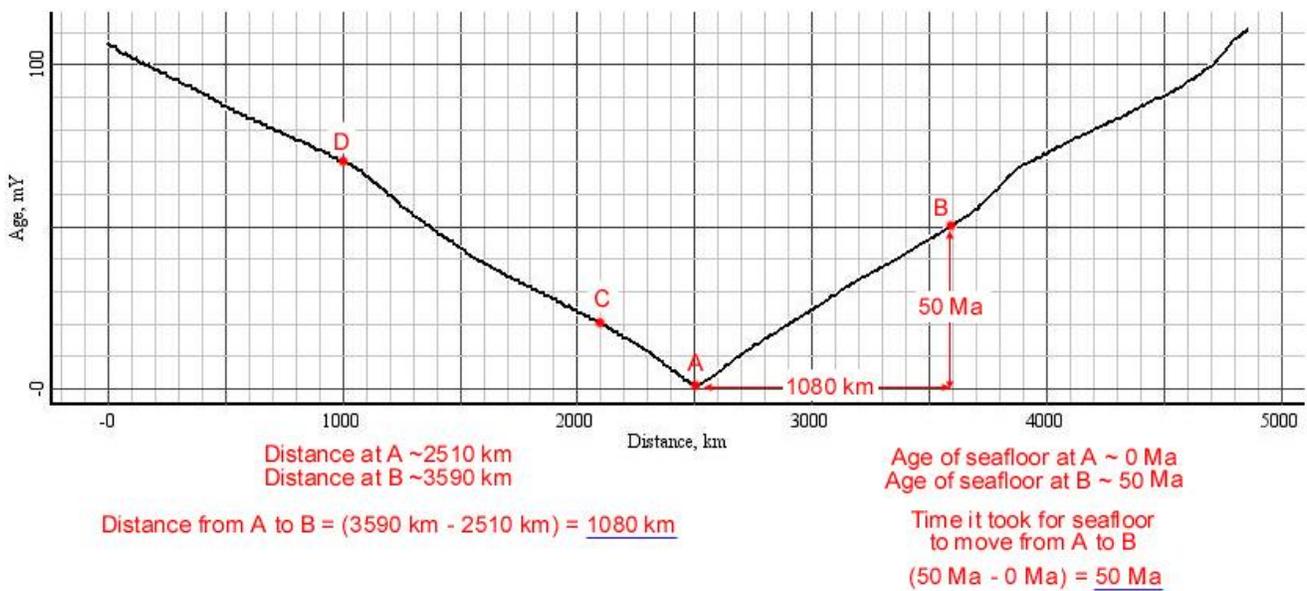
3. En la ventana de *Contributed Grids* enciende la herramienta de perfil.



4. En la ventana del mapa, da click izquierdo en el cursor y arrastra el ratón para dibujar una línea que cruce el Atlántico de Oeste a Este, como se muestra en la imagen abajo. Asegúrate que la línea del perfil sea perpendicular al segmento de dorsal que atraviesa. Cuando dejas el cursor, el perfil aparece en una nueva ventana.



5. Corre tu cursor a lo largo de la gráfica en la ventana del perfil, y nota que su ubicación geográfica se muestra como un punto rojo en el perfil de la ventana del mapa. Nota también que la distancia a lo largo del perfil se mide a partir del punto en donde empezaste el perfil, hasta el punto donde éste termina. Finalmente, nota que la latitud, longitud, y edad de las rocas se muestran en la parte superior de la ventana del perfil.
6. ¿En qué punto del perfil se encuentran las rocas más jóvenes? Indica cómo varía la edad del piso oceánico conforme te desplazas desde el centro de expansión hacia las costas sudamericana y africana.
7. Analizando la gráfica del perfil es posible calcular la velocidad de expansión del piso oceánico. Primero se seleccionan dos puntos en el perfil (por ejemplo, A y B en la imagen abajo) y se determinan la distancia del centro de expansión y la edad de cada uno.



Sucesivamente se calculan la distancia y la diferencia de edad entre A y B.

Para determinar la tasa de expansión del piso oceánico hacia el Este en los últimos 50 M.a., se divide la distancia A-B por el tiempo empleado a recorrerla:

$$\frac{1080 \text{ km}}{50 \text{ m.a.}} = 21.6 \frac{\text{km}}{\text{m.a.}} = 21.6 \frac{\text{mm}}{\text{años}}$$

8. Usando el método descrito anteriormente, calcula la tasa a la cual el piso oceánico se fue expandiendo hacia el Oeste, en periodo de tiempo comprendido entre los puntos C y D de la gráfica de arriba.

9. ¿Las tasas de expansión del piso oceánico calculadas en ambos lados de la dorsal son similares? ¿Cómo podrías saber que son similares simplemente observando la gráfica?

10. Explica cómo y por qué cambiaría el aspecto del perfil si el piso oceánico se hubiera expandido a una tasa mucho mayor.

11. Usando los métodos descritos arriba, determina la tasa de expansión a lo largo de un perfil trazado de las coordenadas 133°W 27°S a las coordenadas 90°W 32°S en el Pacífico Meridional. Calcula la tasa de expansión en ambos lados del perfil. Registra tus resultados en la tabla abajo.

Océano	Coordenadas del punto inicial	Coordenadas del punto final	Tasa de expansión izquierda (mm/yr)	Tasa de expansión derecha (mm/yr)	Tasa de expansión promedio del piso oceánico
<i>Atlántico Meridional</i>	37°W 22°S	10°W 12°S		21.6	
<i>Pacífico Meridional</i>	133°W 27°S	90°W 32°S			

12. Compara la tasa de expansión del Atlántico Meridional con la tasa de expansión del Pacífico Meridional.

8.6 Referencias

Bush, R.M., Tasa, H., 2015. Laboratory manual in physical geology. Pearson (X edición).

Goodwillie, A., Kluge, S., 2011. Seafloor spreading. GeoMapApp Learning Activity Collection, http://serc.carleton.edu/geomapapp/activities/seafloor_spreading.html.

9. TIEMPO GEOLÓGICO Y REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

Esta unidad temática de la asignatura de “Geología Física” tiene como objetivo que el alumno comprenda la importancia del tiempo geológico, que conozca las principales características del registro estratigráfico, y que conozca los principales métodos de fechamiento relativo y absoluto.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos se proponen las siguientes actividades:

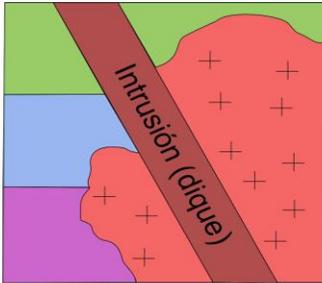
- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- un ejercicio sobre los principios de la estratigrafía;
- un ejercicio sobre las concordancias y discordancias estratigráficas;
- ejercicios enfocados a reconstruir la sucesión de eventos geológicos a partir del análisis de secciones geológicas esquemáticas.

9.1 Cuestionario sobre la unidad temática

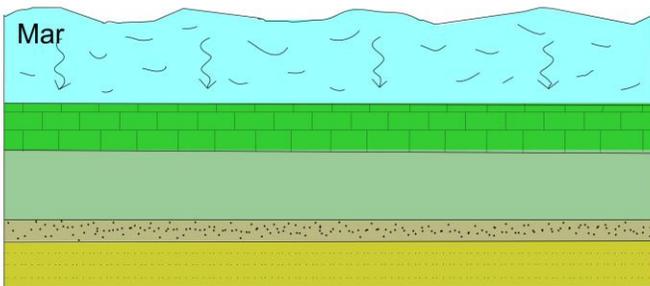
1. ¿Qué es una edad relativa? Enuncia y describe brevemente los principales métodos de fechamiento relativo.
2. ¿Qué es una edad absoluta? Describe brevemente con que métodos se obtiene.
3. ¿Cuál es el significado de las correlaciones estratigráficas?
4. Define los siguientes términos: isótopo, radioactividad, decaimiento radioactivo, tiempo de vida media de un isótopo radioactivo.
5. Enuncia y explica brevemente la teoría del decaimiento radioactivo.
6. Describe brevemente las dificultades para asignar fechas numéricas a los estratos de rocas sedimentarias, y a las rocas metamórficas.

9.2 Ejercicio sobre los principios de la estratigrafía

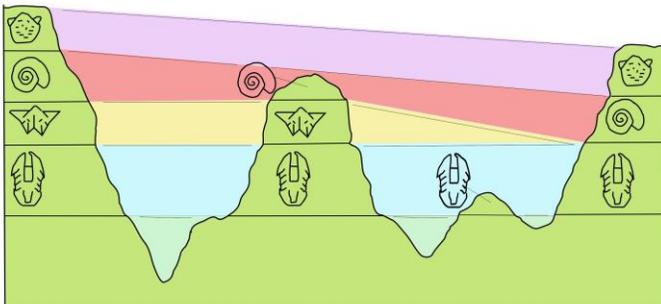
Enuncia el principio estratigráfico que se representa en cada imagen, explicando en qué consiste.



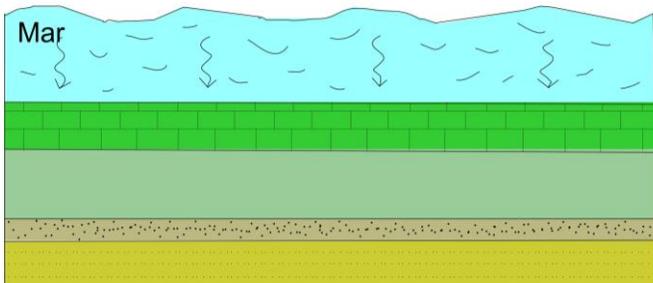
Principio estratigráfico:



Principio estratigráfico:



Principio estratigráfico:

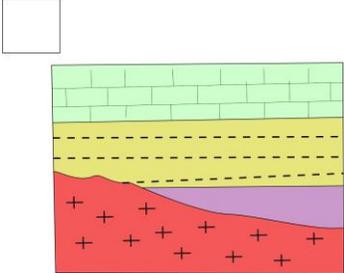
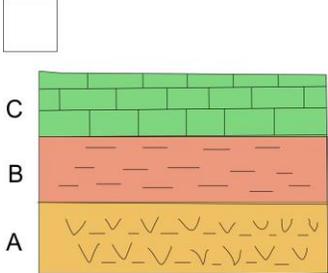
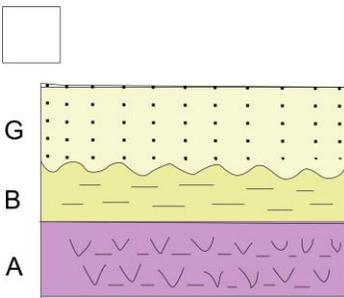
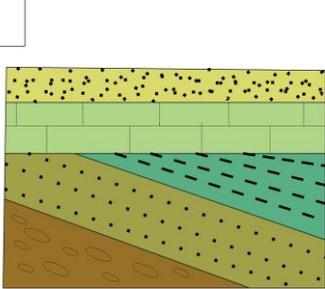


Principio estratigráfico:

Más reciente
↓
Más antiguo

9.3 Ejercicio sobre las concordancias y discordancias estratigráficas

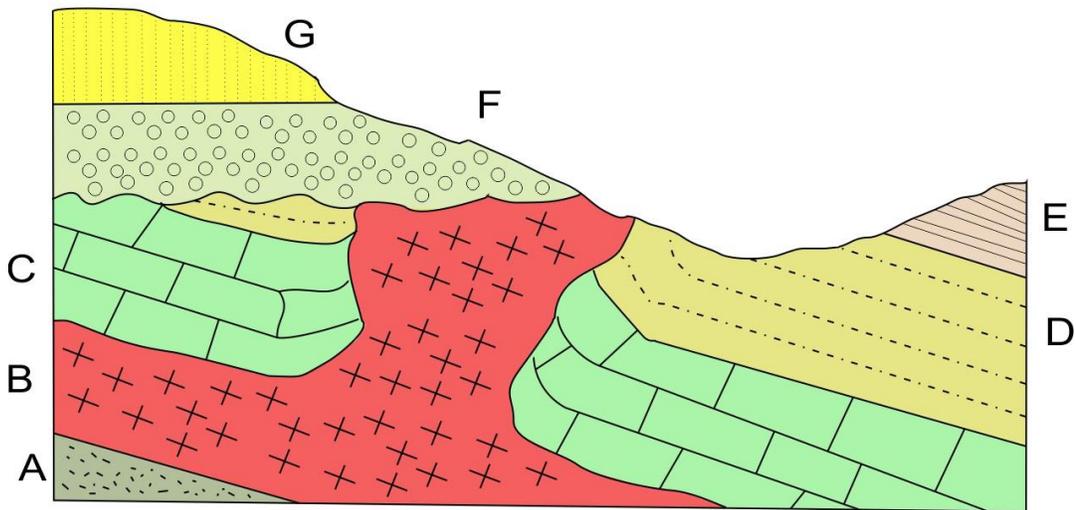
Relaciona cada término con su definición y con la imagen que lo representa.

Nombre	Definición	Representación
1. Concordancia	<input type="checkbox"/> <i>Discordancia estratigráfica en la cual una capa sedimentaria sobreyace una superficie de erosión muy marcada, que se ha desarrollado sobre una capa sedimentaria no deformada</i>	<input type="checkbox"/> 
2. Disconformidad	<input type="checkbox"/> <i>Discordancia estratigráfica en la cual una capa sedimentaria sobreyace rocas ígneas o metamórficas</i>	<input type="checkbox"/> 
3. Inconformidad	<input type="checkbox"/> <i>Los estratos se suceden paralelamente uno a otro y la sedimentación es continua</i>	<input type="checkbox"/> 
4. Discordancia angular	<input type="checkbox"/> <i>Superficie de erosión ubicada entre una capa de rocas sedimentarias inclinadas o plegadas, y una capa sedimentaria más joven con estratificación horizontal</i>	<input type="checkbox"/> 

9.4 Ejercicios de interpretación de secciones geológicas esquemáticas

Por cada sección geológica, enumera el orden de los eventos geológicos (deposición de las unidades estratigráficas, eventos magmáticos, fallas, pliegues, basculamientos, formación de discordancias...) del más viejo (1) al más joven (n), e interpreta la historia geológica.

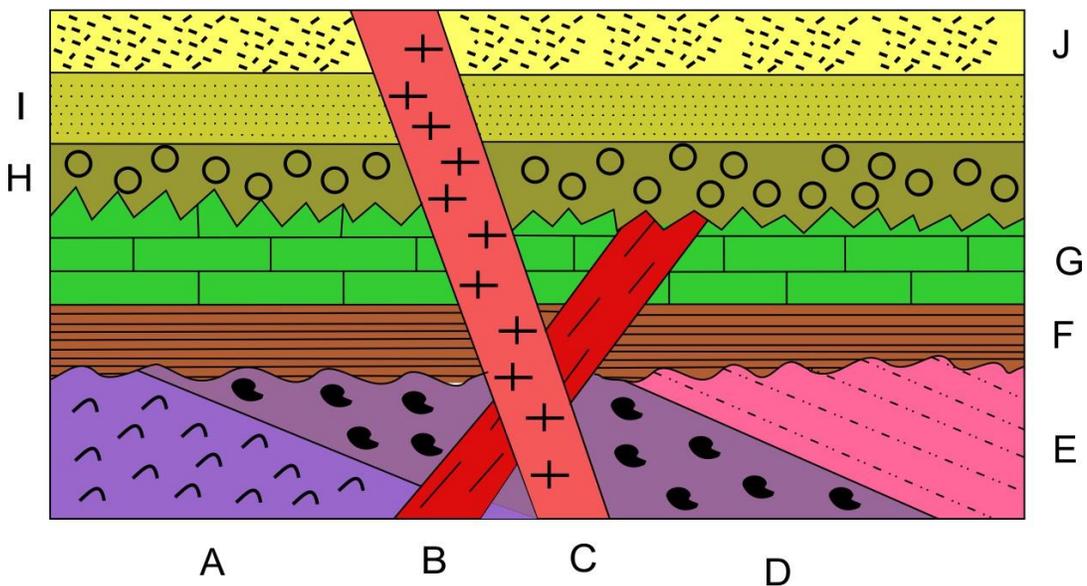
Ejercicio 1:



Eventos:

Interpretación:

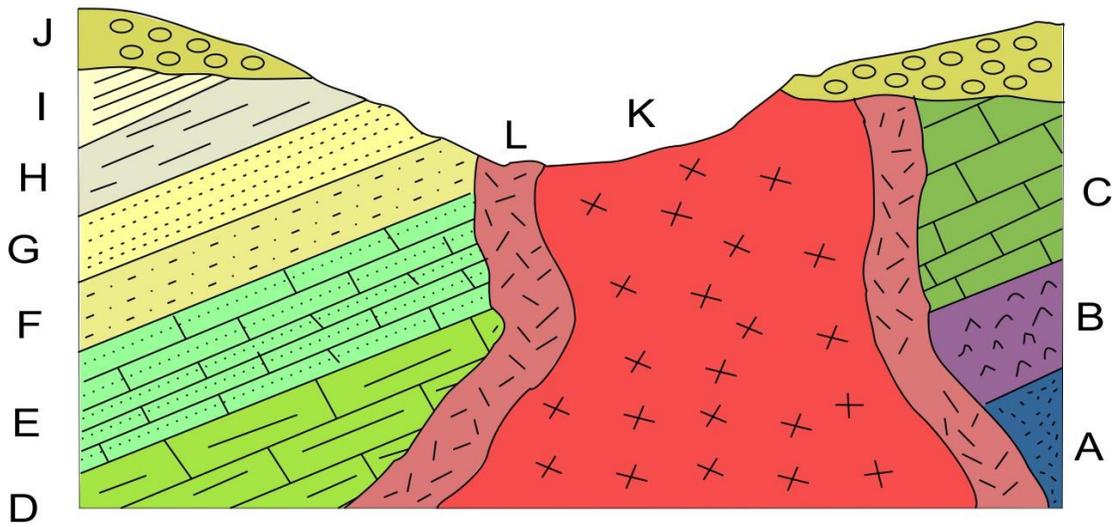
Ejercicio 2:



Eventos:

Interpretación:

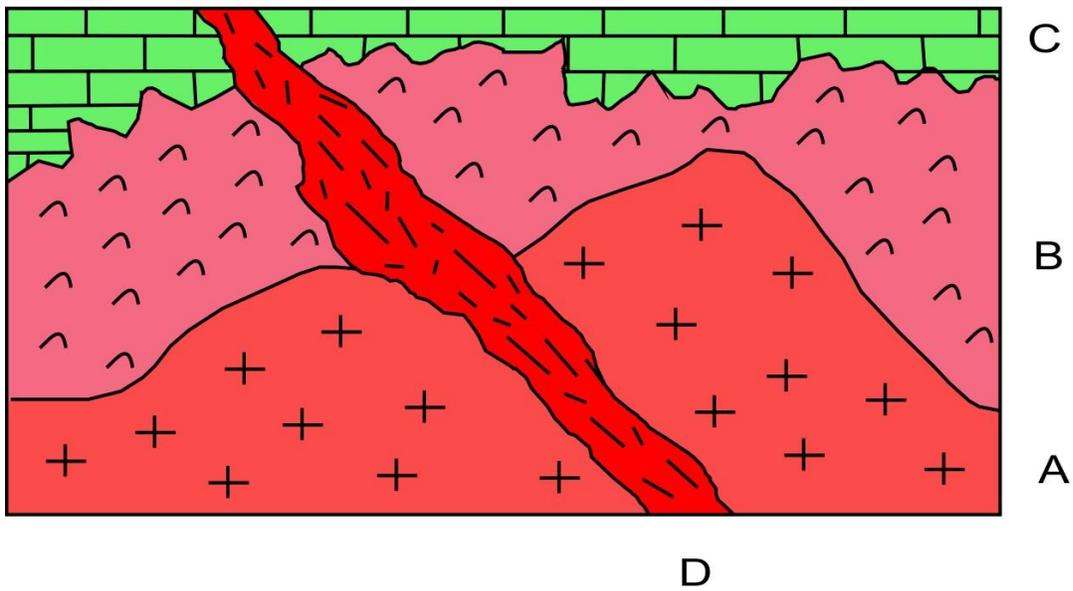
Ejercicio 3:



Eventos:

Interpretación:

Ejercicio 4:



Eventos:

Interpretación:

10. DEFORMACIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE

Esta unidad temática de la asignatura de “Geología Física” tiene como objetivo que el estudiante conozca los principales esfuerzos tectónicos, los mecanismos de deformación frágil y dúctil, y las estructuras geológicas asociadas.

Para facilitar el alcance de dichos objetivos, se proponen las siguientes actividades:

- un cuestionario que permitirá evaluar el aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos;
- ejercicios sobre los esfuerzos tectónicos y sus posibles efectos en las rocas;
- ejercicios enfocados a reconstruir la sucesión de eventos geológicos a partir del análisis de secciones geológicas esquemáticas;
- una actividad práctica enfocada a reconstruir la sucesión de eventos geológicos mediante el uso de maquetas.

10.1 Cuestionario sobre la unidad temática

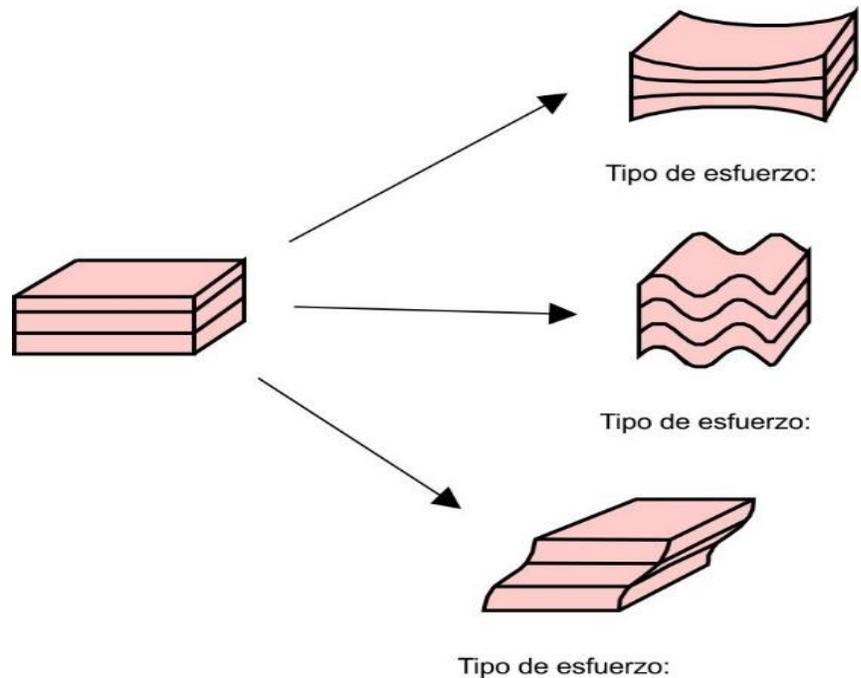
1. Define los siguientes términos: fuerza, esfuerzo, esfuerzo diferencial, deformación.
2. ¿Qué es el esfuerzo tectónico? Describe los diferentes tipos de esfuerzo tectónico.
3. Explica las diferencias entre la deformación elástica, frágil y dúctil.
4. Define los siguientes términos: pliegue, flancos, plano axial, eje, charnela.
5. Describe y dibuja los siguientes pliegues: horizontal, sinforme, simétrico, antiforme, volcado, buzante y tumbado.
6. ¿Qué son las diaclasas y cómo se producen?
7. Compara los movimientos que se producen a lo largo de las fallas normales e inversas. ¿Qué tipo de esfuerzo indica cada falla?
8. Define los siguientes tipos de fallas, explicando en qué régimen tectónico se forma cada una: falla lateral, falla lítrica, falla de despegue, cabalgadura.

10.2 Ejercicios sobre los esfuerzos tectónicos y sus efectos

1. Analiza las siguientes afirmaciones, indicando si son verdaderas (V) o falsas (F).

<i>El esfuerzo compresivo produce un flujo plástico responsable de la formación de milonitas</i>	
<i>El esfuerzo extensional produce un acortamiento en la dirección del esfuerzo máximo</i>	
<i>El esfuerzo de cizalla produce un alargamiento en la dirección de extensión</i>	
<i>El esfuerzo compresivo produce un acortamiento en la dirección del esfuerzo máximo</i>	
<i>El esfuerzo extensional produce un adelgazamiento en dirección perpendicular a la extensión</i>	
<i>El esfuerzo de cizalla en niveles superficiales de la corteza produce un movimiento de bloques a lo largo de superficies paralelas</i>	

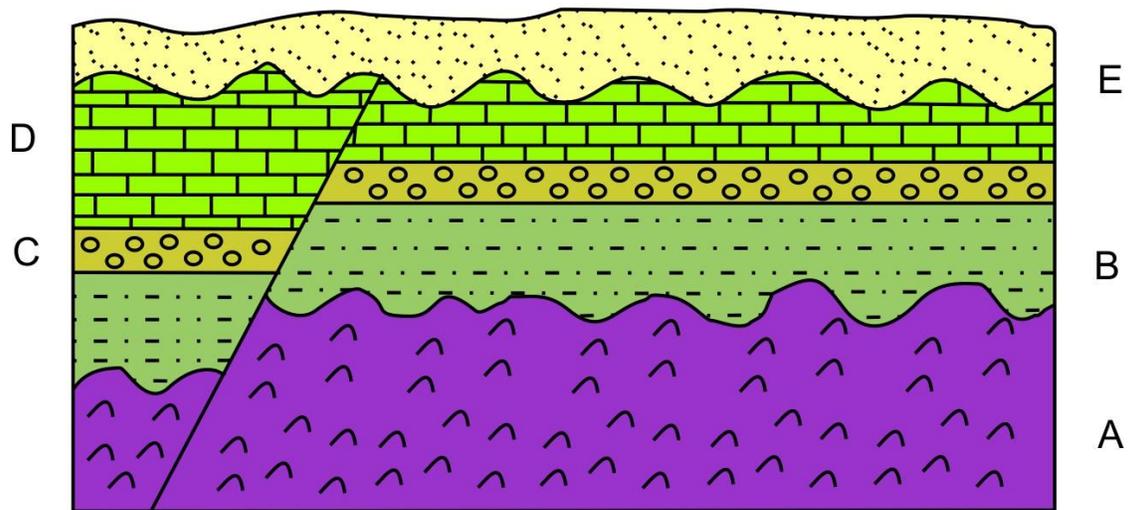
2. Indica qué tipo de esfuerzo tectónico debería aplicarse al bloque original para generar las tres estructuras deformadas.



10.3 Ejercicios de interpretación de secciones geológicas esquemáticas

Por cada sección geológica, enumera el orden de los eventos geológicos (deposición de las unidades estratigráficas, eventos magmáticos, fallas, pliegues, basculamientos, formación de discordancias...) del más viejo (1) al más joven (n), e interpreta la historia geológica.

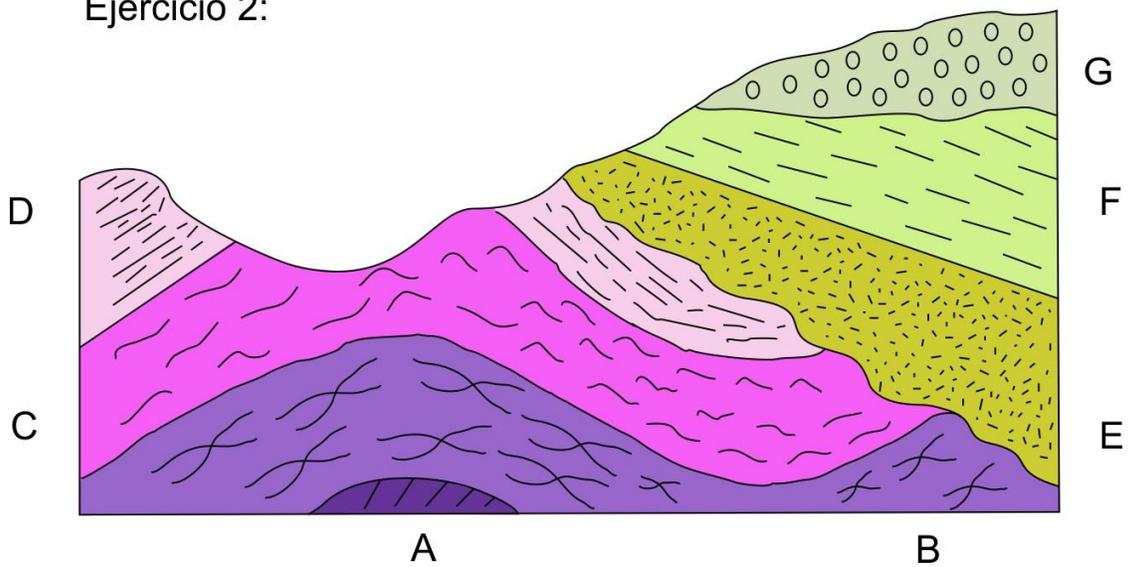
Ejercicio 1:



Eventos:

Interpretación:

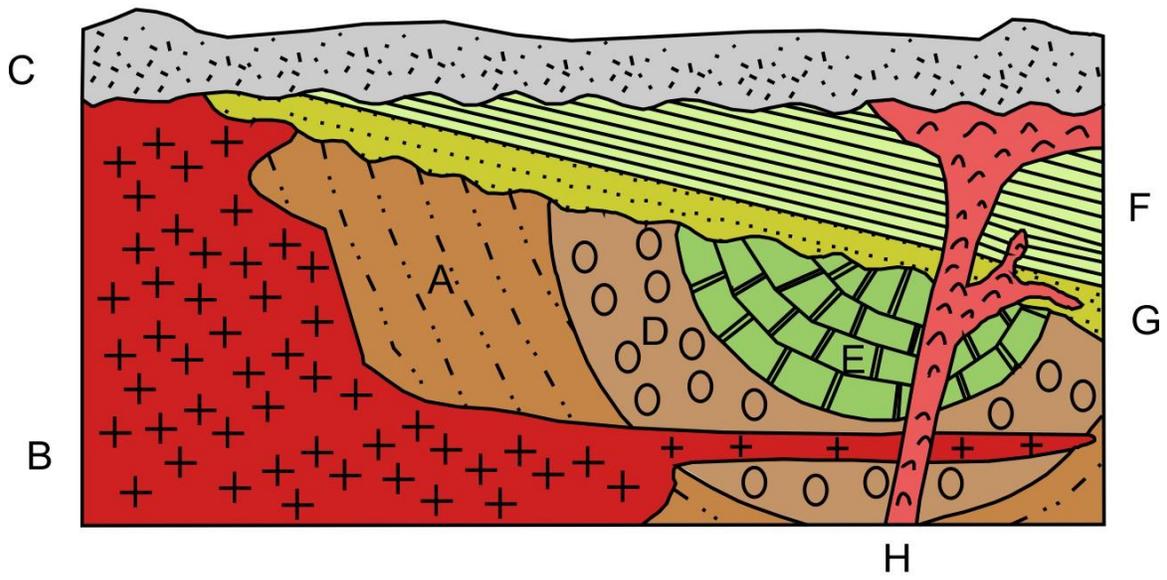
Ejercicio 2:



Eventos:

Interpretación:

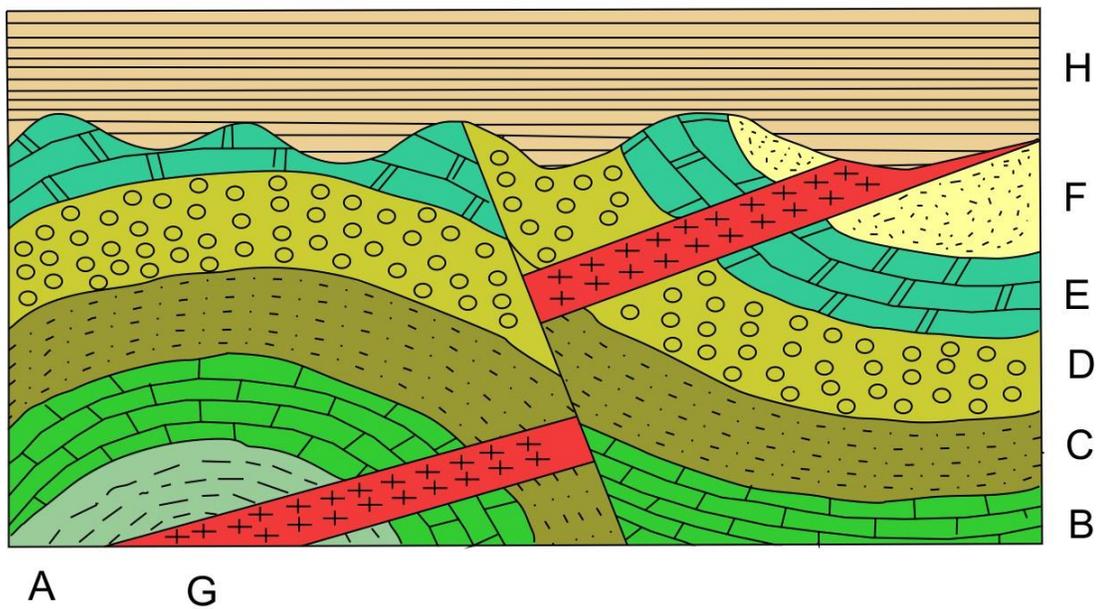
Ejercicio 3:



Eventos:

Interpretación:

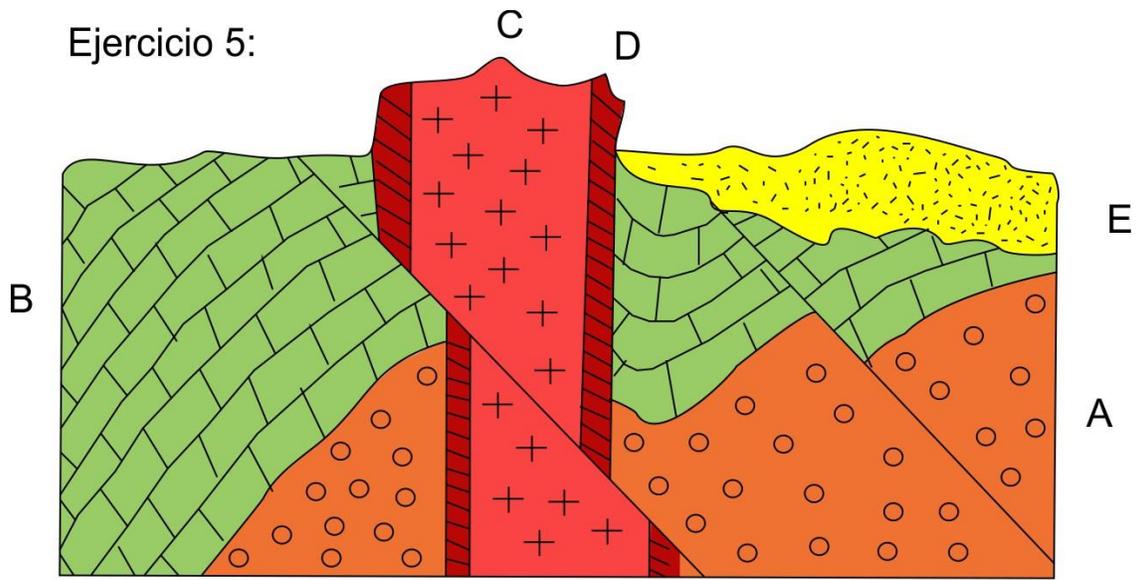
Ejercicio 4:



Eventos:

Interpretación:

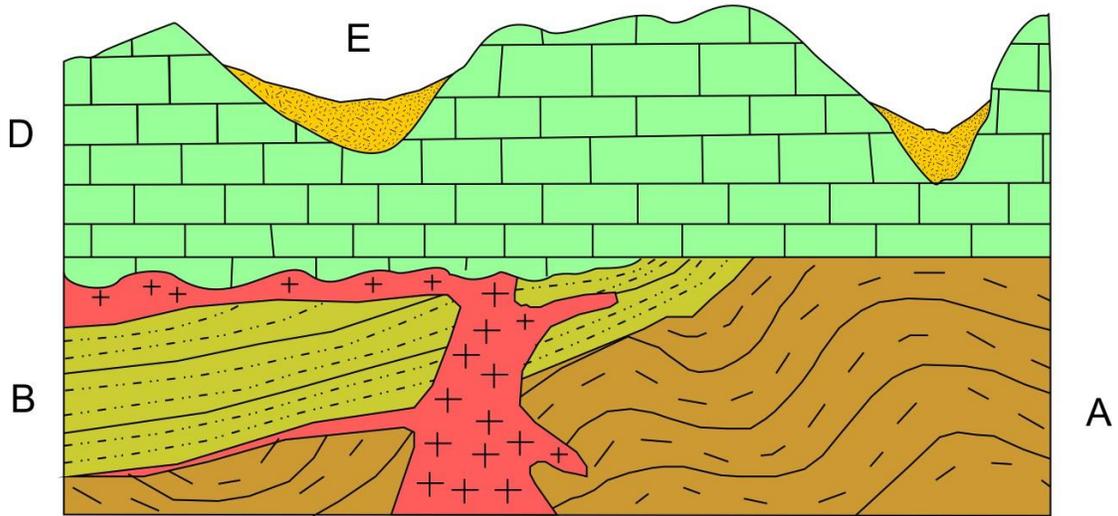
Ejercicio 5:



Eventos:

Interpretación:

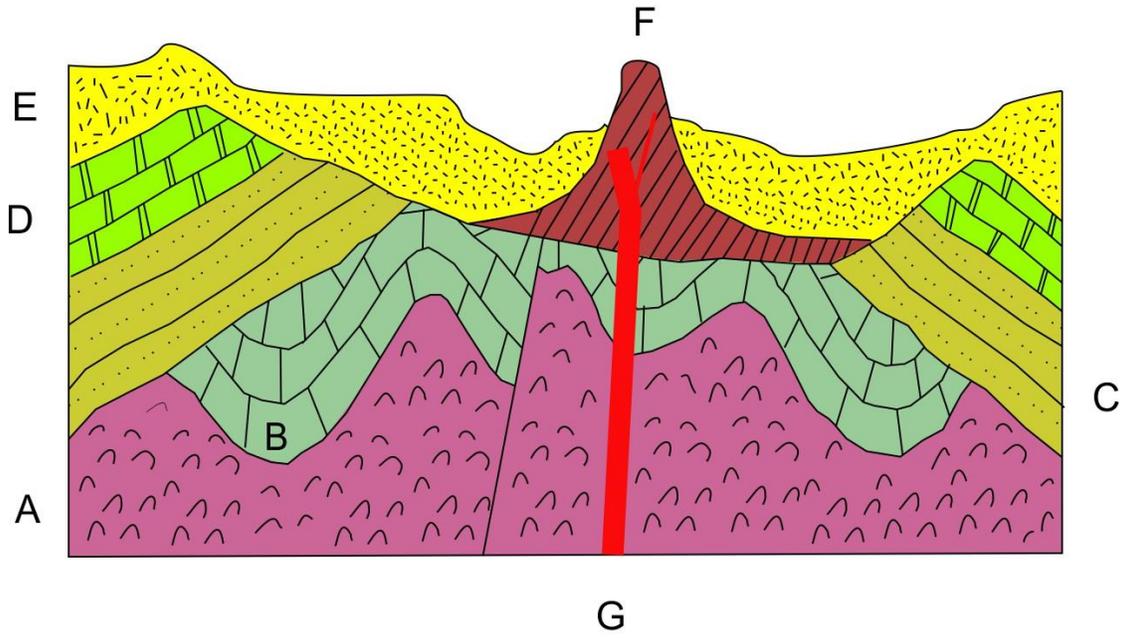
Ejercicio 6:



Eventos:

C
Interpretación:

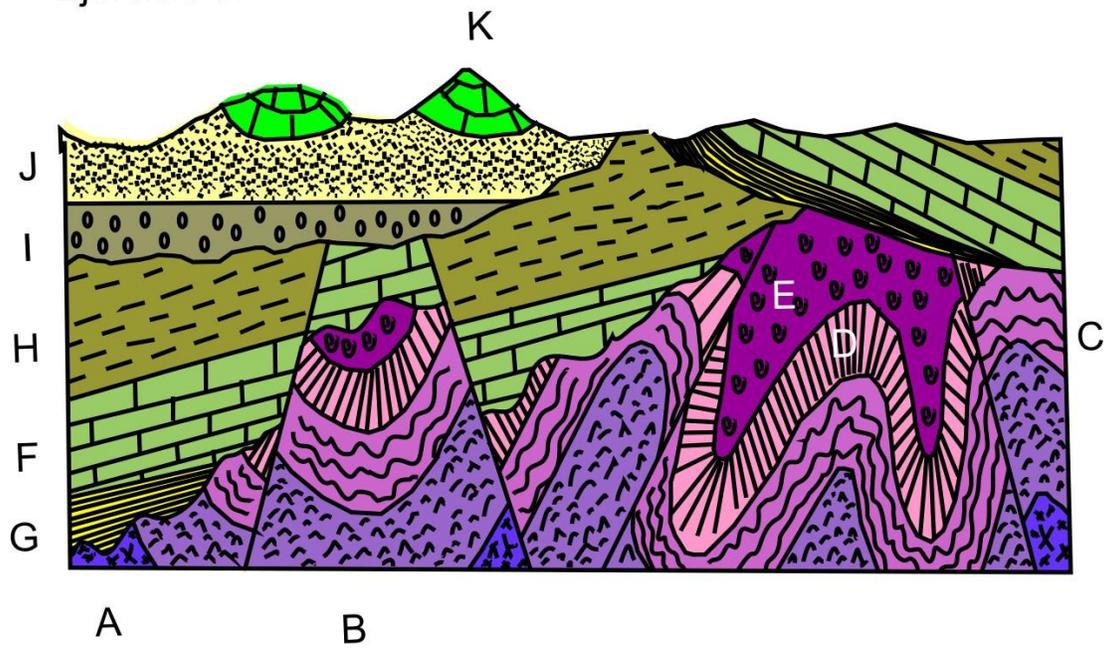
Ejercicio 7:



Eventos:

Interpretación:

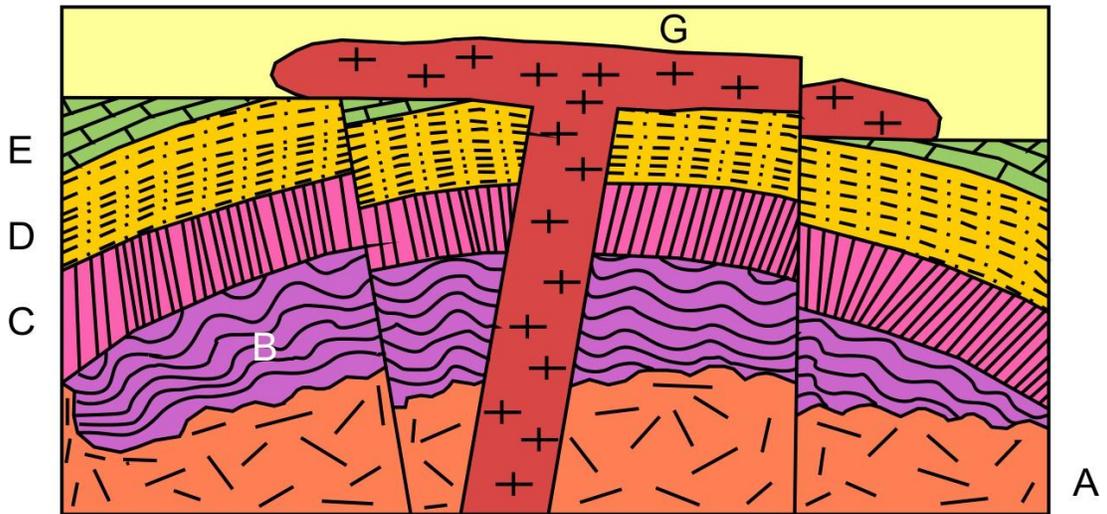
Ejercicio 8:



Eventos:

Interpretación:

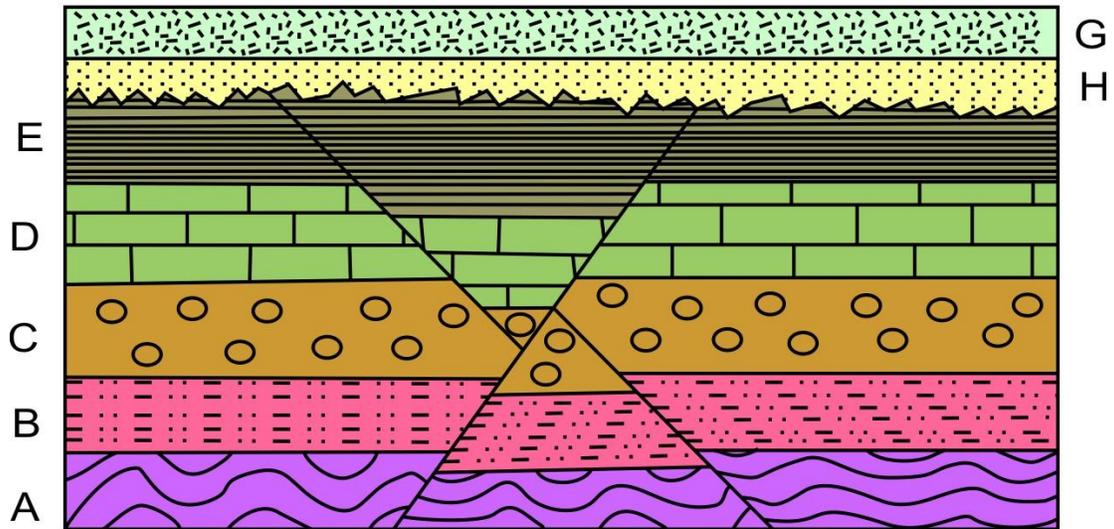
Ejercicio 9:



Eventos:

Interpretación:

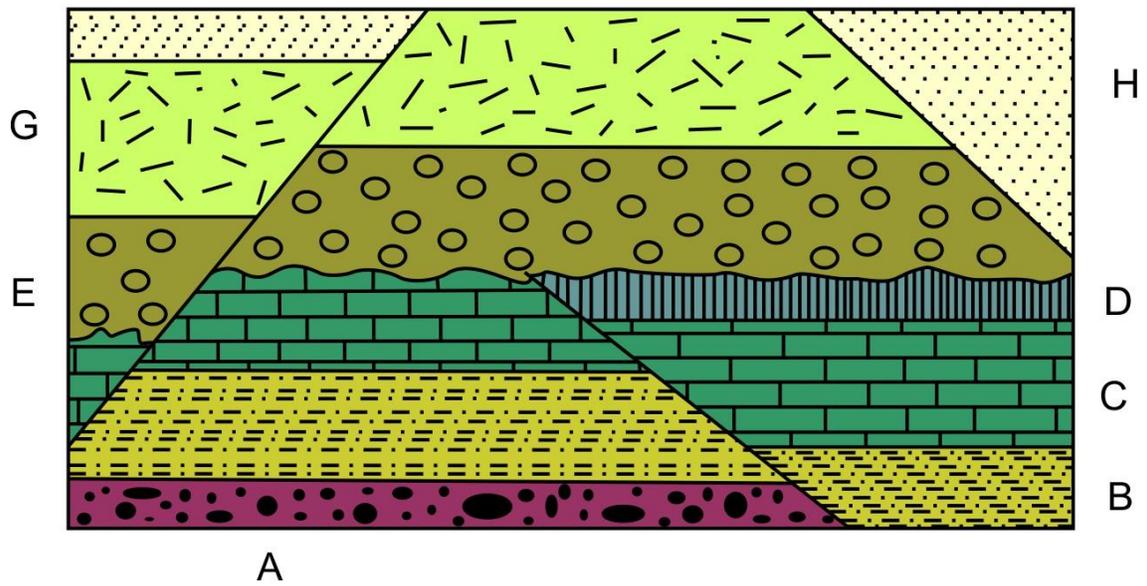
Ejercicio 10:



Eventos:

Interpretación:

Ejercicio 11:



Eventos:

Interpretación:

10.4 Actividad práctica enfocada a reconstruir la sucesión de eventos geológicos mediante el uso de maquetas

El alumno reconstruirá una historia geológica a partir del análisis de maquetas que muestran diferentes cortes geológicos.

Material necesario para el desarrollo de la práctica



- Maquetas con cortes geológicos

Desarrollo de la práctica

1. Se formarán equipos de alumnos y a cada uno se asignará una maqueta.
2. En cada equipo, cada integrante deberá observar una cara específica de la maqueta, describirla e interpretar la información geológica que proporciona, recopilando la tabla abajo.
3. Una vez que cada integrante haya terminado de recopilar la información, comparará e integrará sus resultados con los de los compañeros de su equipo, con el objetivo de reconstruir una historia geológica compatible con las observaciones e interpretaciones de cada uno.

# Maqueta	Cara	Eventos geológicos	Interpretación
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
<i>Historia geológica</i>			