



Nombre	Fecha	Curso 1° Medio	
--------	-------	-------------------	--

INTRODUCCIÓN:

El estudio de los vestigios que han dejado especies que habitaron la Tierra millones de años atrás ha permitido, junto con los avances científicos y tecnológicos, comprender de mejor manera cómo ha ido evolucionando la vida en el planeta.

En esta guía se estudiarán las evidencias que han permitido validar el concepto de evolución de los seres vivos.

Objetivos de Aprendizaje:

- Reconocer zonas de observación y tipos de fósiles considerando fenómenos geológicos ocurridos en Chile.
- Especificar la antigüedad de los fósiles en diferentes estratos de rocas sedimentarias.
- Analizar, a partir de modelos, características de seres vivos según evidencias fósiles.

2.1 PALEONTOLOGÍA Y REGISTRO FÓSIL

El ser humano ha ido descubriendo una enorme y creciente diversidad de especies a lo largo de la historia, reconociéndose él mismo como una especie más entre los millones que habitan la Tierra, y de las que se cree que hasta el momento solo se ha descubierto el 10%.

Al igual que el resto de los seres vivos, la especie humana vive en íntima relación con su ambiente; lo modifica y consigue de él recursos que requiere para vivir. Por eso, desde hace miles de años, el ser humano se ha preocupado de conocer los diferentes tipos de plantas y animales que lo rodean, ya que a partir de ellos obtiene alimento y otros materiales que necesita. Además, el conocimiento de su entorno le permite identificar a aquellos organismos que pueden representarle un peligro.

Es así como, a partir de diversas investigaciones, se encontró que las especies no eran las mismas en todos los lugares, y con ello aparecieron el desafío de poder reconocerlas y la necesidad de clasificarlas. Aun antes del desarrollo de la biología como una ciencia moderna, las diferentes culturas desarrollaron métodos de reconocimiento y clasificación de plantas y animales. Con la adquisición de nueva información surgieron y se formularon nuevas preguntas: ¿Cómo se originó la increíble diversidad de formas vivas? ¿Cambiaron las especies desde su origen o fueron siempre tal cual las conocemos? ¿Por qué algunas especies son parecidas a otras? ¿Por qué una especie habita en una determinada zona y no en otra?

El cambio en las especies a lo largo del tiempo se ha estudiado bajo el concepto de **evolución**, que no se refiere a cómo cambian los individuos, sino a cómo cambia un conjunto de individuos a lo largo del tiempo durante varias generaciones. Por lo tanto, las formas de vida que se conocen hoy en día son el resultado de un largo proceso de cambios.

Para esclarecer las interrogantes que se formularon en torno al origen de la biodiversidad de seres vivos, surgieron diferentes explicaciones, algunas basadas en las creencias culturales y religiosas, y otras fundamentadas en **evidencias**. Las evidencias son pruebas claras y concretas de la veracidad de un hecho o situación particular, por lo que contribuyen a validar o refutar hipótesis y teorías.

Un vasto grupo de científicos se apoya en las **evidencias de la evolución** para fundamentar el origen de la biodiversidad, ya que estas evidencias entregan información sobre los cambios y transformaciones en los seres vivos desde tiempos pretéritos.

Algunas de las evidencias obtenidas a través de diferentes mecanismos se encuentran en la **paleontología**, la **anatomía comparada**, la **biogeografía**, la **biología del desarrollo** y la **biología molecular**, y por su parte estas han contribuido a apoyar la veracidad de las evidencias. Todas estas evidencias y disciplinas, en su conjunto, **confirman** la teoría de que la vida en la Tierra ha experimentado un constante **proceso evolutivo** durante su historia.

El **registro fósil** se compone de todos los fósiles hallados y descritos en la literatura científica, y la rama de la biología que estudia e investiga los fósiles es la **paleontología**. Los paleontólogos estudian la información obtenida de los fósiles con la que pueden deducir o determinar, incluso, el tipo de alimentación que poseían los seres vivos en estudio.

Los **fósiles** (del latín fossilis, que significa “extraído de la tierra”) son restos de organismos que vivieron en el pasado y que de una u otra forma se han conservado. Se considera fósil a cualquier rastro que permita suponer la presencia de un ser vivo, como huesos, dientes, huellas de pisadas impresas en rocas, animales conservados en hielo, restos de organismos petrificados, entre otros. También son considerados fósiles restos de alimentos, material fecal como los coprolitos, piedras digestivas para triturar alimentos como los gastrolitos y huevos fosilizados en un nido.



► Los gastrolitos son rocas redondeadas que mejoran la digestión de los vegetales en algunos dinosaurios. Se encuentran en una molleja o bolsa de trituración igual al de las aves. Esto demuestra que los dinosaurios y las aves están estrechamente relacionados.



► Los coprolitos entregan información sobre el tipo de alimentación de organismos invertebrados y vertebrados como herbívoros y carnívoros. Rara vez se conservan y cuando lo hacen es bajo condiciones de alta humedad, o bien muy secas.

El estudio de los fósiles permite a los científicos deducir el tamaño y la forma de los organismos que los originaron, con lo que consiguen una imagen mental, probablemente bastante realista, de cómo eran esos organismos cuando estaban vivos.

Los **fósiles** son una prueba indiscutible de que el planeta en el que vivimos fue habitado anteriormente por seres diferentes de los que existen en la actualidad, y constituyen **una de las principales evidencias de la evolución biológica**.



► Fósil de pez. Entrega información sobre el hábitat y condiciones climáticas en las que vivieron estos organismos. El fósil está impreso en una roca sedimentaria.



► Fósil de amonite. Los amonites corresponden a organismos con concha dura que vivieron en el océano hace millones de años. Es el ancestro del pulpo, de la sepia y del calamar. El de la imagen está fosilizado en roca sedimentaria.

La información que proveen los fósiles puede ser utilizada para los siguientes fines:

- Demostrar los cambios geológicos ocurridos en la Tierra.
- Establecer relaciones de parentesco entre grandes grupos de organismos y así demostrar la relación evolutiva entre estos.
- Inferir, para los fósiles de un mismo grupo de organismos, las formas más antiguas y las más recientes, lo que permite determinar sus procesos de cambio a lo largo de su historia evolutiva.

Un ejemplo de la importancia de la información que entregan los fósiles es lo que sucede con el caballo. Su historia evolutiva se construyó a partir de la información recabada con fósiles. A continuación, se presentan las principales características de los antecesores de los caballos actuales.

► Historia evolutiva del caballo. Se describe el aumento gradual del tamaño del cuerpo, la reducción del número de dedos y las modificaciones en la dentición.

Hyracotherium

Medía 40 cm de altura. Vivía en zonas boscosas y se alimentaba de hojas de arbustos. Sus patas delanteras poseían cuatro dedos y las traseras, tres. Su dentadura era la de un omnívoro.



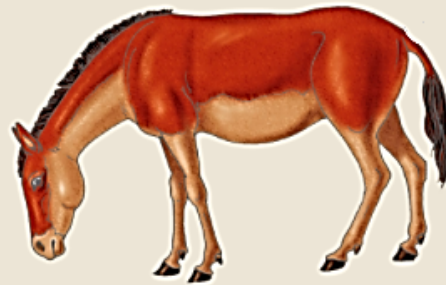
Mesohippus

Medía unos 65 cm. Habitaba campos más abiertos y se alimentaba de hojas. Todas sus patas contaban con tres dedos. Su dentadura se ha modificado para consumir vegetales.



Merychippus

Medía un metro de altura. Vivía en praderas y se alimentaba de hierba. Tenía tres dedos en sus extremidades. Su dentadura era especial para procesar pasto.



Pliohippus

Medía 1,20 metros de altura y era casi idéntico a los caballos actuales adaptados a las praderas. Sus extremidades lucían tres dedos, pero solo utilizaba uno para caminar. Conserva la dentadura del anterior.



Equus

Este género comprende a los caballos actuales y a sus antepasados más directos. Conserva un dedo como extremidad de apoyo adaptada para correr. Dentadura adaptada para masticar hierbas.



2.1.1 Procesos de fosilización

Es poco frecuente encontrar fósiles. Los científicos dicen que menos del 1% de los organismos se fosilizan, porque, salvo en condiciones especiales, en cuanto un organismo muere entran en acción agentes que provocan la descomposición, destruyendo completamente el cadáver.

Para que se produzca la **fosilización**, es decir, la formación de un fósil, es necesario que se den **condiciones extremadamente favorables** para la preservación del cadáver o de los vestigios dejados por el organismo. Esas condiciones tienen lugar, por ejemplo, cuando los restos del organismo son cubiertos por sedimentos muy finos de arena, arcilla, entre otros, generalmente en el fondo de un cuerpo de agua y en un medio sin oxígeno.

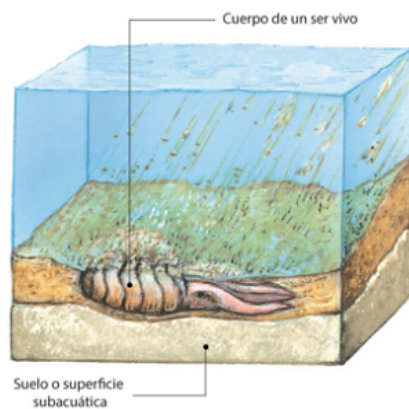
Los sedimentos depositados sobre los restos del organismo pueden, con el transcurso del tiempo, compactarse y originar lo que los geólogos denominan **roca sedimentaria**. En el interior de la roca los vestigios del organismo pueden mantenerse preservados de diversas maneras, llegando así a constituir a la mayoría de los diferentes tipos posibles de fósiles.

Las siguientes imágenes muestran un ejemplo de fosilización que experimenta un crustáceo primitivo.

Proceso de fosilización de un crustáceo

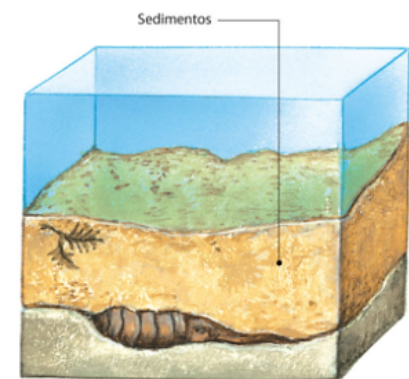
Etapa 1

Depósito de un cuerpo en el suelo o superficie subacuática.



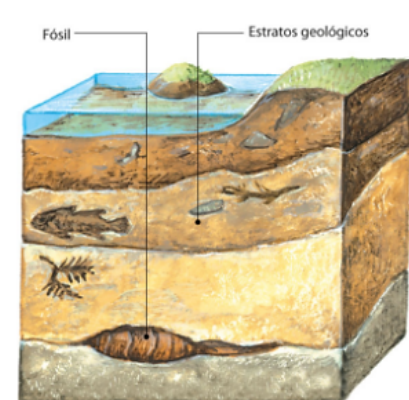
Etapa 2

Acumulación de sedimentos. Las partes blandas se descomponen y quedan enterradas de forma natural. Las cavidades y los tejidos blandos serán lentamente reemplazados por minerales.



Etapa 3

El proceso de fosilización ocurre en condiciones que permiten la inclusión de material mineral dentro de las cavidades o estructuras orgánicas. Esto sucede si el cuerpo o rastro queda enterrado bajo sedimentos muy finos y en un ambiente con descomposición muy lenta.



Etapa 4

La remoción de las capas sedimentarias superiores expone el fósil del crustáceo.



Etapa 5

Fósil de un crustáceo. Los paleontólogos reconstruyen la historia evolutiva a partir de estos restos, pero saben que el registro está incompleto, ya que no todas las especies dejaron fósiles.



El proceso de fosilización es variado y puede darse de diversas formas: grabado, petrificación, impresión, preservación *in toto* se describen a continuación:

Grabado

Cuando los restos enterrados de un organismo desaparecen por completo y dejan su forma grabada en la roca, se forma un tipo de fósil llamado grabado o molde. A veces estos moldes se rellenan con minerales, los que se solidifican y forman una copia en roca del organismo original. Este tipo de fósil se conoce como contramolde.



► Molde y contramolde de un amonite. En el molde se observa el grabado del cuerpo **A** y en el contramolde **B**, los relieves de la morfología.

Petrificación o permineralización

En determinados casos, las sustancias orgánicas del cuerpo sepultado en la roca sedimentaria son gradualmente sustituidas por minerales traídos por el agua. Poco a poco los minerales ocupan el lugar de las sustancias orgánicas, en una sustitución tan exacta que todos los detalles del cuerpo del organismo quedan preservados en la roca, aunque no quede absolutamente nada del material orgánico original.



► Los espacios que conforman el tronco fueron rellenos por un mineral de sílice.

Impresiones o improntas

Son las marcas o huellas que un organismo dejó sobre un terreno blando que posteriormente se transformó en roca. Estos vestigios fósiles pueden ofrecer información de sumo interés sobre el organismo que los plasmó.



► La huella entrega información como la distancia entre los pasos y la dirección del movimiento en organismos móviles.

Preservación in toto

Consiste en la conservación de partes orgánicas del esqueleto, e incluso de piel y músculos. Entre ellas están las inclusiones de ámbar, donde los insectos quedan atrapados por resina fósil, y las congelaciones, donde los organismos quedan conservados enteros bajo el hielo como ocurrió, por ejemplo, con los mamuts siberianos.

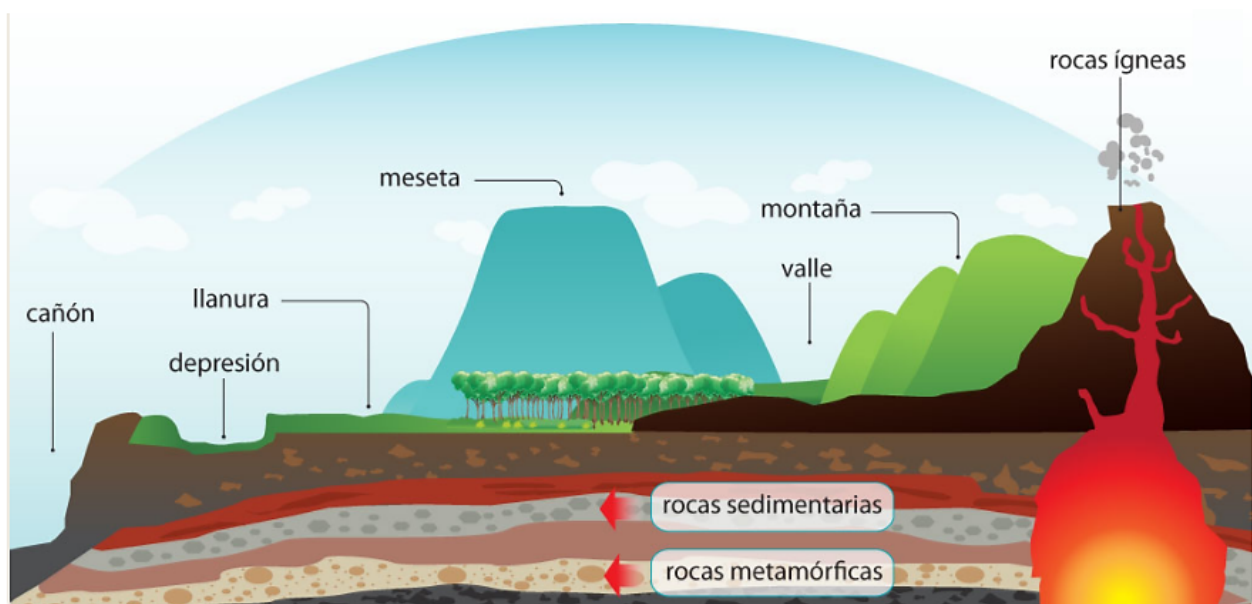


► Inclusión de ámbar. Insectos quedaron atrapados en resina fósil de coníferas y se han mantenido intactos hasta hoy.

Como la fosilización depende de la deposición sucesiva de capas de sedimentos, los fósiles **quedan dispuestos en diferentes capas o estratos**: los más antiguos en el fondo y los más recientes en la superficie. Los estratos son los límites que hay entre las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

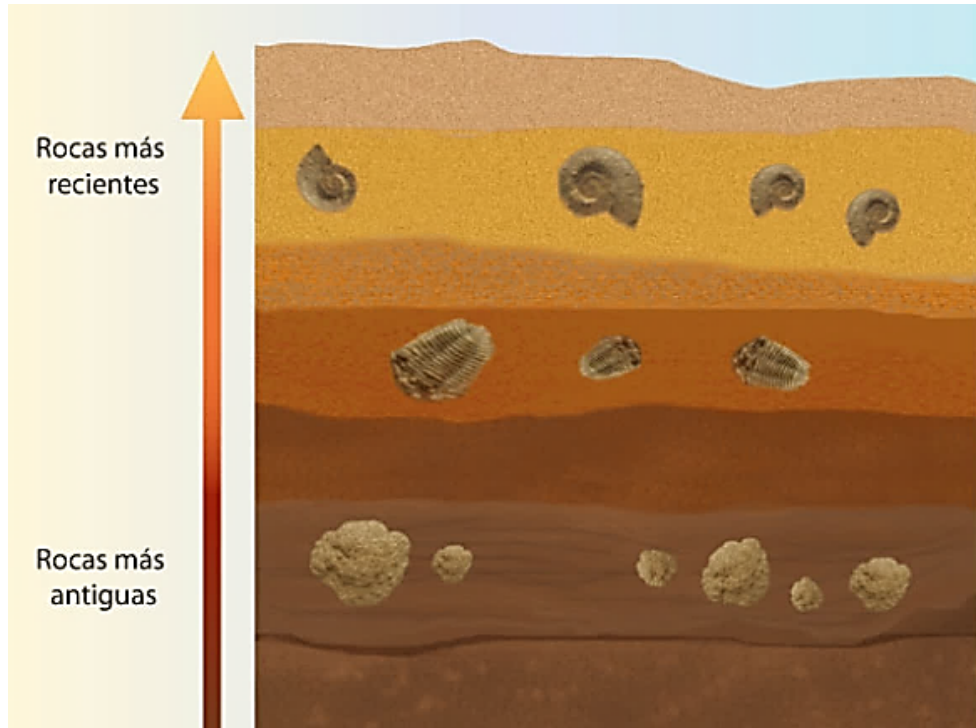
6

Las rocas ígneas y metamórficas demuestran la ocurrencia de distintos fenómenos geológicos, como terremotos, erupciones volcánicas, formación de montañas, entre otros. Las rocas ígneas, formadas a partir de roca fundida, rara vez tienen fósiles en ellos. Las rocas metamórficas, por otro lado, al ser sometidas a una gran presión, calor y deformación, no permiten la conservación de los fósiles en estas condiciones. Sin embargo, la roca sedimentaria se forma por la acumulación y solidificación de partículas (arena, limo o arcilla) producidas por la erosión de las rocas más antiguas, lo que facilita las condiciones de preservación de fósiles en ellas.



► Esquema de los distintos estratos y la posible disposición de las rocas que los componen. Las rocas ígneas pasan del interior de la Tierra al exterior, las metamórficas se encuentran en estratos muy inferiores, y en el fondo del mar y los lagos se depositan las partículas de rocas que han sido erosionadas y conforman las rocas sedimentarias.

El estudio de los sedimentos de las capas de roca, incluyendo su composición, forma y similitud con las capas de rocas de otro lugar, permite a geólogos ubicar los eventos grabados en las rocas en su secuencia temporal correcta. La formación de estratos o capas se debe a la continua sedimentación y compactación de compuestos que forman nuevos estratos, por lo que es un proceso dinámico y depende de los fenómenos geológicos que ocurran en la Tierra.



► Las rocas de estratos más profundos son más antiguas que en aquellas de estratos superiores.

En el estudio de los estratos, los científicos notaron que casi todos los fósiles encontrados en estratos más profundos eran muy diferentes a las formas modernas. Por ello, el registro fósil muestra una progresión desde organismos unicelulares simples a organismos unicelulares y multicelulares que viven en la actualidad.

7

La información que entregan los estratos permite determinar las edades relativas de las capas de roca. Existen fósiles que constituyen “marcas registradas” de las rocas en que se forman, son típicos de ciertas capas sedimentarias y se denominan **fósiles guía** o fósiles directores.

Los fósiles guías o directores establecen el período de abundancia y presencia de un organismo que ha sido fosilizado. En la imagen se puede comparar los fósiles presentes en los sitios 1 y 2.

Claves		

Sitio 1

Sitio 2

En cada estrato se puede observar rocas sedimentarias en las que se hallan los fósiles de organismos que se encuentran en mayor abundancia; también se evidencian fenómenos eruptivos por la presencia de rocas ígneas.

En ambos sitios se reconocen rocas sedimentarias que contienen los mismos fósiles, por lo tanto con esta información se puede estimar la edad geológica de cada estrato. Del mismo modo, a partir de esta información se puede comparar el vulcanismo del sitio 1 con el del sitio 2, y estudiar la presencia de organismos que existieron en ese período.

Estos fósiles se utilizan como mecanismo para fechar denominado **datación relativa**, porque permite que rocas de diferentes regiones del mundo puedan ser comparadas según los fósiles guías presentes en ellas. Gracias a esto los científicos han conseguido reunir los registros fósiles de diversas regiones del planeta y, por medio de su datación relativa, establecer las divisiones del tiempo geológico.

El **tiempo geológico** abarca desde el origen de la Tierra hasta nuestros días. Los geólogos han dividido el tiempo desde los inicios del planeta en una serie de etapas. La primera y la más grande es el **eon**, que se divide en **eras** y estas, a su vez, se diferencian en **períodos**.

A continuación, se resumen, en secuencia, los procesos más relevantes ocurridos en los millones de años de vida de la Tierra:

- La Tierra tiene cerca de 4.600 millones de años (m. a.). El 85% de ese tiempo corresponde al supereon Precámbrico, etapa durante la cual la vida estuvo representada por organismos unicelulares que se originaron hace 3.800 m. a., y solo recién hace 700 m. a. aparecieron los primeros pluricelulares.
- Hace 542 m. a. comenzó el eón Fanerozoico (nombre que significa “vida visible”) y continúa hasta hoy. El nombre tiene relación con la diversificación de las formas pluricelulares.
- Hace 250 m. a. ocurrió la más devastadora de las cinco grandes extinciones comprobadas. La vida misma se vio amenazada, ya que cerca del 90% de las especies existentes se extinguió.
- Las plantas con flores aparecieron recién hace 200 m. a., en pleno apogeo de los dinosaurios. Unos 50 m. a. antes de esa fecha aparecieron los primeros mamíferos.
- Hace apenas 200.000 años se calcula que apareció la especie humana actual (*Homo sapiens*).

El siguiente cuadro resume las eras geológicas y sus eventos más importantes:

En la Era Precámbrica, ocurre el probable origen de:

- La vida en la Tierra
- Las primeras células (procariotas).
- La fotosíntesis.
- Las primeras células eucariotas.
- Los primeros seres vivos multicelulares.
- Diferenciación de los seres multicelulares.

En la Era Paleozoica se produce:

- Diversificación de las algas y de los invertebrados.
- Abundancia de moluscos y de trilobites.
- Primeros peces sin y con mandíbula.
- Aparición de las primeras plantas vasculares en ambiente de tierra firme.
- Aparición de las primeras plantas con semillas, de los anfibios y de los insectos.
- Diversificación de los anfibios; aparición de los reptiles.

En la Era Mesozoica acontece:

- Primeras plantas gimnospermas. Aparición, apogeo y extinción de dinosaurios.
- Primeras plantas angiospermas.
- Aparición ancestros de las aves.

En la Era Cenozoica ocurre:

- Aparición de la especie humana moderna y extinción de mamíferos de gran porte como los mamuts.
- Dispersión del *Homo sapiens* moderno por el planeta y aparición de la civilización humana.

TIEMPO	EON	ERA	PERÍODO	ACONTECIMIENTO GEOLÓGICO	EVOLUCIÓN BIOLÓGICA								
2 millones de años	FANEROZOICO	CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Retirada de los hielos y elevación del nivel de los mares.	flora y fauna actuales, Homo sapiens sapiens	A						
			Pleistoceno	Los glaciares cubren gran parte del hemisferio norte.	mamuts								
60 millones de años		MESOZOICA	Plioceno	Mioceno	Formación de los Alpes, los Andes, el Himalaya y otras grandes cordilleras montañosas.	hominoides	B						
Oligoceno			Eoceno	Paleoceno		mamíferos							
Cretácico			Jurásico	Triásico		Formación de grandes depósitos calizos. Formación de los bosques petrificados de Arizona.		aves	era de los dinosaurios	C			
	Paleozoica	Pérmico	Devónico		Silúrico		Ordovícico	Cámbrico			Formación de depósitos de petróleo, gas natural y carbón.	primeros reptiles	insectos alados
		Carbonífero		Devónico								Silúrico	
700 millones de años	PRECÁMBRICO		Proterozoico	Arcaico	Formación de montañas y yacimientos metalíferos.	virus y bacterias protozoos	E						
4650 millones de años													

2.1.2 Recursos fósiles

Los compuestos carbonados tienen una particular importancia para el ser humano debido a que a partir de ellos se obtienen recursos energéticos como el carbón, el petróleo y el gas natural, entre otros. A estos recursos se les llama recursos fósiles, ya que provienen de material fosilizado. ¿Cómo se originan estos recursos?

El carbonífero es un período de las eras geológicas en el que, como indica su nombre, había una abundancia de elementos carbonados provenientes de organismos vivos, tanto de plantas como de animales. En los estratos sedimentarios es posible observar vestigios de esta etapa debido a que se manifiesta en ellos con un particular color negro.

Cuando los cuerpos de los organismos quedaron sepultados por el sedimento, no entraron en descomposición, pero con el tiempo, el calor y la presión de la corteza terrestre se transformaron en **combustibles fósiles** como el carbón, el petróleo y el gas natural. Se les denomina combustibles porque son sustancias que arden fácilmente y al hacerlo liberan importantes cantidades de energía.

A continuación, se describe la generación de cada uno de estos recursos y el uso que actualmente se hace de ellos.

- **El carbón.** Es una capa sedimentaria que se forma por la acumulación de material orgánico vegetal que se acopió en un entorno pantanoso por encima del nivel del mar. Las condiciones de presión, temperatura y oxígeno que proveen los estratos profundos promueven la descomposición del material vegetal que se encuentra en ellos, lo que ocasiona una serie de procesos que dejan una composición rica en carbono y cantidades variadas de elementos como hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno, lo que conforma el carbón.

La tasa de formación del carbón es muy lenta y los depósitos que existen para ello en la actualidad tienen aproximadamente 600 millones de años; esto lo hace un recurso limitado, por lo tanto no renovable.

Entre los usos más frecuentes encontramos la generación de electricidad por centrales térmicas como fuente de energía mediante combustión. Es necesario para la producción

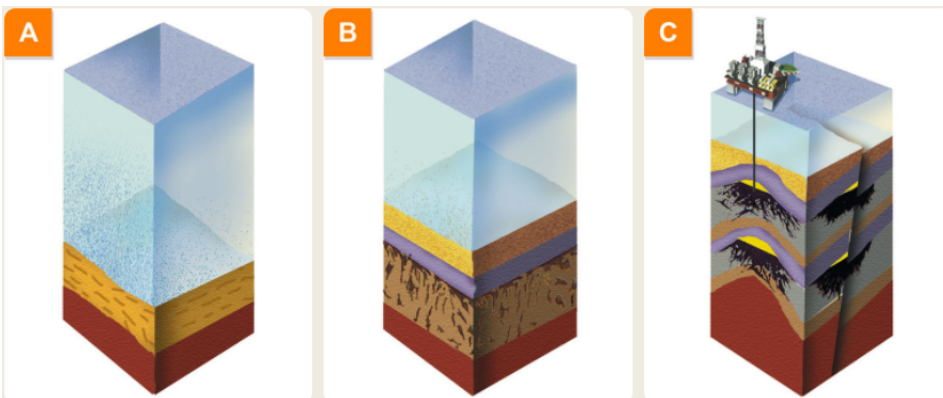
industrial de acero, de cemento y en carboquímica para la producción de sustancias químicas como amoníaco, metanol y gasolina, entre otros. Chile explotó ampliamente este recurso durante el siglo XX, sin embargo el uso de la energía eléctrica y el petróleo como recurso energético causó el cierre de minas. Actualmente su extracción es baja en comparación con su época de auge.

A pesar de sus bondades, su utilización ha sido cuestionada debido a que genera una alta emisión de gases contaminantes, por lo que se han buscado fuentes de energía alternativas que lo remplacen.



► Entrada a la mina El Chiflón del Diablo ubicada en la ciudad de Lota, Octava Región. Tiene 850 metros de profundidad y el túnel de acceso a la mina es subterráneo porque las capas sedimentarias de carbón se encuentran a grandes profundidades.

- **El petróleo.** Su origen es el mismo que el gas natural, por lo que suelen explotarse juntos. El petróleo se compone principalmente de carbono e hidrógeno, pero también puede presentar un poco de oxígeno, trazas de nitrógeno y azufre. Cuando se extrae del subsuelo se lo conoce como crudo y en general es de color negro, aunque puede variar su tonalidad según su composición.



► El petróleo se encuentra

principalmente entre rocas oceánicas profundas, debido a la sedimentación de materia orgánica e inorgánica a lo largo del tiempo (A y B). Cuando se ha determinado el lugar donde hay un yacimiento de petróleo, se perfora el suelo hasta alcanzar el recurso y luego se extrae usando una bomba (C).

El petróleo es un recurso no renovable y se estima que sus reservas han disminuido notablemente; sin embargo, se han descubierto nuevos yacimientos que permiten mantener su uso.

Más del 90% de su utilización corresponde al área energética; el resto se emplea para fabricar materiales o insumos de actividad diaria como fibras sintéticas, farmacéuticas, material de construcción, plaguicidas, entre otros.

El petróleo, al igual que el gas natural, es importado desde países productores, siendo Estados Unidos el principal importador de este recurso. La Región de Magallanes es la única zona de Chile donde se explota petróleo, pero no logra abarcar todas las necesidades energéticas del país.

El mayor problema de contaminación que genera su uso es el derrame en el mar, puesto que

suele encontrarse en yacimientos marinos. Los gases que se emanan con su utilización poseen componentes tóxicos, por lo que se buscan alternativas energéticas para remplazarlo.

- **El gas natural.** Se acumula, al igual que el carbono, en los estratos más profundos de la Tierra y se origina a partir de restos orgánicos de plantas y animales. El gas natural queda atrapado en formaciones geológicas recubiertas por roca impermeable, en las que puede estar asociado a otros recursos fósiles. Está constituido principalmente por gas metano (CH_4), pero también contiene otros gases en menor cantidad como etano (CH_3CH_3), propano ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$) y dióxido de carbono (CO_2).

Se extrae por medio de pozos perforados, y a pesar de ser un recurso no renovable, existen numerosas reservas explotables en todo el mundo.



► En los yacimientos de petróleo se suele encontrar gas natural disuelto. En las refinerías se encargan de separarlo para reutilizarlo en otros procesos o actividades comerciales.

La mayor parte del gas natural se usa como combustible para el sector doméstico en cocinas, calefacción, entre otros aparatos; para el sector comercial en transporte público como taxis y buses, y también en el sector industrial, principalmente para fabricar compuestos orgánicos en la industria petroquímica.

Chile no es un productor de gas natural. Solo la Región de Magallanes explota y genera un autoabastecimiento local. Para el resto de Chile se importa desde países productores, principalmente Trinidad y Tobago y Qatar, entre otros, por vía marítima en grandes embarcaciones.

Las emisiones de gases debido al uso del gas natural son mínimas, por lo que se considera uno de los recursos fósiles más amigables con el medioambiente.

Estos combustibles fósiles se consideran recursos energéticos, porque proveen al ser humano de fuentes de energía para su desarrollo doméstico e industrial. Sin embargo, no son renovables, esto quiere decir que son producto de procesos naturales que tardaron millones de años: aunque la naturaleza pueda volver a recrear estas condiciones, su tiempo de recuperación sería muy superior al período de vida de un ser humano. Si continúa la producción industrial como está hoy en día, las reservas de combustibles fósiles se agotarán.

Por esta razón, se hace necesario buscar nuevas energías, limpias y renovables, con el fin de no agotar los recursos energéticos naturales disponibles y contribuir con el cuidado del medioambiente.

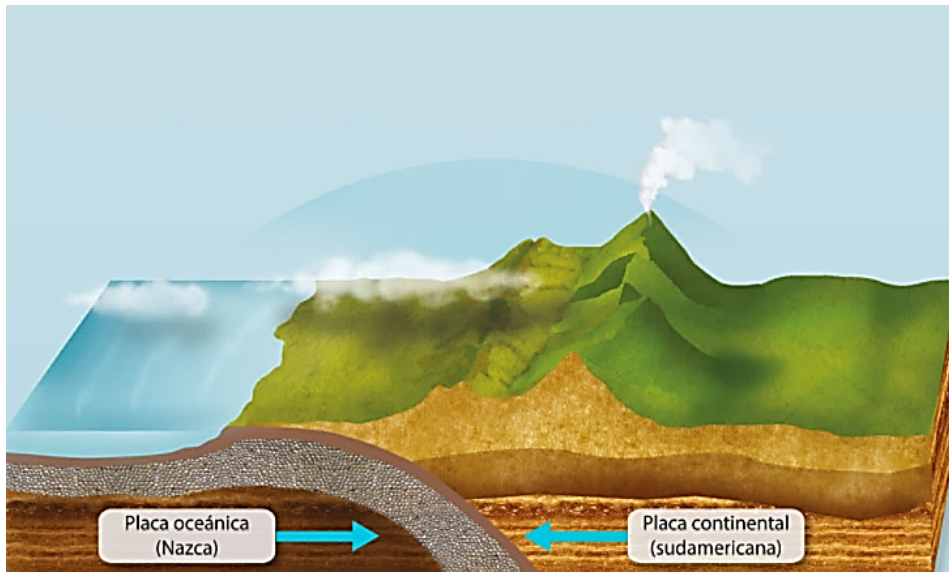
2.1.3 Fenómenos geológicos y registros fósiles en Chile

Chile se caracteriza por ser un país con pocos registros fósiles de vertebrados. Esto se debe a que posee una estructura geológica relativamente nueva en comparación con otras zonas del planeta.

Durante el período paleozoico todos los continentes se encontraban unidos formando un gran territorio terrestre conocido como Pangea. El continente sudamericano no era como se conoce hoy en día; este tenía zonas bajo el océano y otras sobre el nivel del mar. Las zonas que conforman el cordón montañoso de la cordillera de los Andes de Chile, Perú, Colombia y Ecuador se encontraban bajo el océano, en cambio terrenos como el brasileño y el argentino estaban sobre el nivel del mar.

Debido a esta geografía existente en la era paleozoica, en Sudamérica los fósiles de organismos vertebrados más antiguos se hallan en el territorio argentino, mientras que en el territorio chileno los vestigios encontrados pertenecen a períodos más recientes.

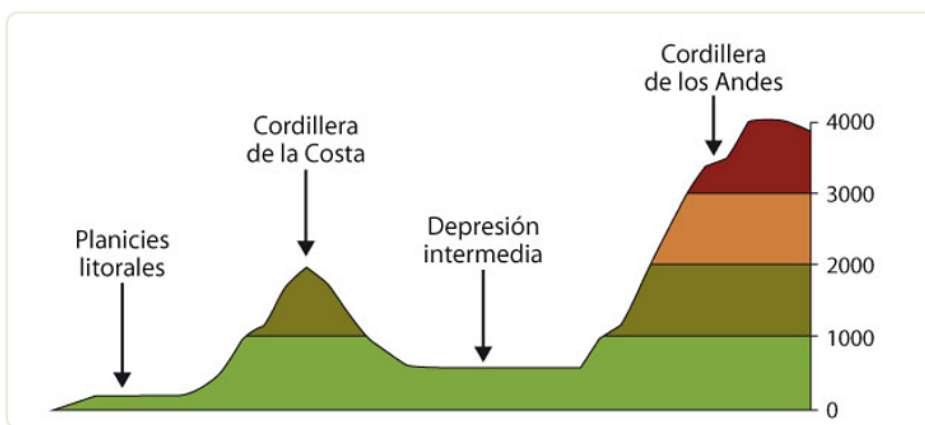
En el Mesozoico, el supercontinente Pangea se fragmentó, lo que provocó la separación paulatina de los continentes hasta adoptar la posición que se conoce en la actualidad. El movimiento del continente sudamericano hacia el oeste provocó roces en las placas tectónicas. Este roce aumentó la actividad volcánica de la zona y con ello se desencadenó una serie de plegamientos, deformaciones y levantamientos de terrenos que dieron forma a las cordilleras de los Andes y de la Costa. Como consecuencia, hubo varios episodios de entrada y salida del mar producto de los movimientos tectónicos.



► La formación de la cordillera de los Andes se debe al roce de dos placas tectónicas, la placa sudamericana y la placa de Nazca. Esta interacción es la que da origen a grandes terremotos y levantamientos de tierra que formó la gran cadena montañosa. De esta manera el terreno

fragmentado dificulta la conservación de fósiles en este territorio.

El relieve que tiene el país es la evidencia de los continuos movimientos del terreno que desencadenaron la formación de la cordillera de los Andes y la cordillera de la costa, mientras que la separación de estas montañas la conforma la depresión intermedia que da forma a los valles. Un ejemplo de ello es el relieve que tiene la zona central.



► Esquema representativo del relieve en la zona central de Chile. Su forma es producto de los constantes cambios que ha experimentado desde el Paleozoico hasta la actualidad. Se formó en la depresión

intermedia, amplios valles por donde escurren los ríos actuales.

Debido a estas condiciones geológicas tan cambiantes en la mayoría de los diferentes depósitos fósiles que hay en el país, los registros se encuentran desarticulados y fragmentados, por lo que solo existen en condiciones muy excepcionales ejemplares articulados y bien conservados.

Los registros fósiles que se han encontrado en mejores condiciones y con más antigüedad en el país se hallan en la zona norte-centro de Chile y en la Patagonia. Estas zonas aparecieron en el período cretácico producto de los levantamientos de terreno y la continua actividad volcánica, que originaron las primeras planicies en territorio terrestre, mientras que otras zonas del país seguían bajo el océano acumulando material sedimentario.

La paleontología en Chile ha tenido auge durante las últimas décadas, ya que, en comparación con los escasos conocimientos de los registros fósiles en el país durante siglo XIX, actualmente han aumentado las investigaciones sobre organismos que vivieron en épocas pasadas. Entre los principales fósiles que

han sido documentados y descubiertos en Chile se encuentran invertebrados, peces, reptiles, aves y mamíferos. A continuación se describen algunos ejemplos:

Paleontología en Chile

Invertebrados.

El primer registro fósil documentado fue un invertebrado tipo bivalvo, proveniente de Copiapó, en 1839. Estos registros muestran la riqueza de fósiles que se remontan a partir del Ordovícico, siendo los más conocidos los amonites, cuya datación corresponde principalmente a la era mesozoica, hace unos 250 millones de años.



► Se han encontrado fósiles de amonites, similares al de la fotografía, entre Antofagasta y Calama. También se han evidenciado en zonas cordilleranas como el Cajón del Maipo y el valle del Elqui, lo que revela los cambios geológicos del territorio.

Peces.

Este tipo de vertebrados es de antigua presencia. Sus primeros registros se remontan al período jurásico hace 163 millones de años. Casi todos los ejemplares encontrados proceden de la zona norte del país. Entre los fósiles descubiertos destaca un grupo de peces hallados en la Quebrada del Profeta en la Región de Antofagasta. Este descubrimiento es importante porque correspondería a los peses óseos más primitivos conocidos en el mundo.



► Diente fósil de un tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) de 4 cm de longitud. Fue encontrado en el desierto de Atacama y tiene una antigüedad estimada de 20 millones de años.

Reptiles

Los fósiles encontrados corresponden a restos óseos parciales y huellas de diferentes tipos. Se han registrados dinosaurios, reptiles marinos y especies similares a cocodrilos. Un ejemplo de dinosaurio es el *Chilesaurus diegosuarezi*, que fue descubierto casualmente por unos geólogos chilenos que estudiaban la formación de la cordillera de los Andes en el sur. El nombre del dinosaurio es en honor a uno de los hijos de estos investigadores (Diego Suárez), quien habría descubierto uno de los huesos. Este dinosaurio fue un gran herbívoro que vivió en el período jurásico.

Un grupo de reptiles marinos fue encontrado en el sector del Parque Nacional Torres del Paine, entre ellos se encontró el *Chilenosuchus forttae*, especie parecida a los cocodrilos que vivió en el período triásico. Este fósil sería el más antiguo registrado en el país.



► Fotografía de tipo de fósil denominado impresión. Es posible observar las huellas de dinosaurio (saurópodos) del período jurásico. Estas marcas se encuentran en la ladera cordillerana en las Termas del Flaco en la Región de O'Higgins.

Aves

Los restos más abundantes se han registrado en Bahía Inglesa. Corresponden a restos fósiles de distintos géneros de pingüinos, aves costeras como algunas de la familia de los pelícanos en la zona de Caldera, Malleco y Mejillones, y el ave marina como el *Neogaeomis wetzali* que fue registrada en Concepción.



► Esqueleto fósil de un ave costera de la zona norte de Chile (*Pelagornis chilensis*) Su antigüedad es aproximadamente de 7 millones de años.

Mamíferos

Estos fósiles son pocos, pero están bien conservados. Su registro es de al menos 51 familias de mamíferos con representantes fósiles, dentro de los cuales 24 familias ya no existen; esta cifra podría modificarse en el tiempo si se realizan nuevos hallazgos. Unos de los mamíferos descubiertos corresponden al primer primate fósil documentado, el *Chilecebus carraescoensis*. En el extremo austral se encontraron fósiles de grandes felinos representados por el *Smilodon sp.*, osos como el *Arctotherium sp.* y una especie emparentada con el perezoso, el *Milodon darwini*, animal herbívoro y bípedo. En las faunas de carnívoros marinos se han descubierto focas extintas.



► Esqueletos fosilizados de dos ballenas adultas y un rorcual en el yacimiento cerro la ballena ubicado en el desierto de Atacama.

ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES

Fósiles

Habilidad: Observar evidencias

1. La observación es un procedimiento en el que se emplean todos los sentidos para obtener información detallada de un cuerpo o de un fenómeno; se puede emplear la simple vista y también dispositivos como lupa o microscopio. A partir de la observación se puede conseguir información cualitativa y cuantitativa. La **cualitativa** es producto de las sensaciones percibidas por los órganos de los sentidos, como el color, la forma, la aspereza, el olor, el sabor, entre otras. La **cuantitativa** permite expresar y describir las características de lo observado en cantidades utilizando unidades de medida, como el volumen, el largo y la temperatura de un cuerpo. A partir del registro de las observaciones realizadas es posible interpretar los datos y con ello plantear hipótesis o extraer conclusiones de los hechos evidenciados.

Las siguientes imágenes muestran dos fósiles encontrados en diferentes circunstancias. Observa con detención cada una de ellas y la información que entregan para luego responder las preguntas.



a. Identifica, según lo observado, a qué tipo de evidencia fósil corresponde cada imagen.

R.

b. Describe en forma detallada cada fósil. Utiliza toda la información que puedas obtener de las imágenes.

• Fósil 1

R.

• Fósil 2

R.

c. Compara la descripción que realizaste para cada fósil. ¿En cuál obtuviste mayor información? Explica y fundamenta.

R.

d. ¿Qué criterio de observación utilizaste para describir cada fósil? Justifica tu respuesta.

R.

Paleontología y registro fósil

Habilidades: Inferir y explicar

2. En Chile se descubrió un cementerio de ballenas fosilizadas en pleno desierto de Atacama, en el cerro Ballena, a un kilómetro de distancia del océano Pacífico. También se han encontrado fósiles de dinosaurios en la Patagonia y moluscos en la cordillera de la zona norte-centro del país. Adaptado de BBC Mundo (26/02/2014)

a. ¿Cómo se explica que existan fósiles de cetáceos tan lejos del actual océano?

R.

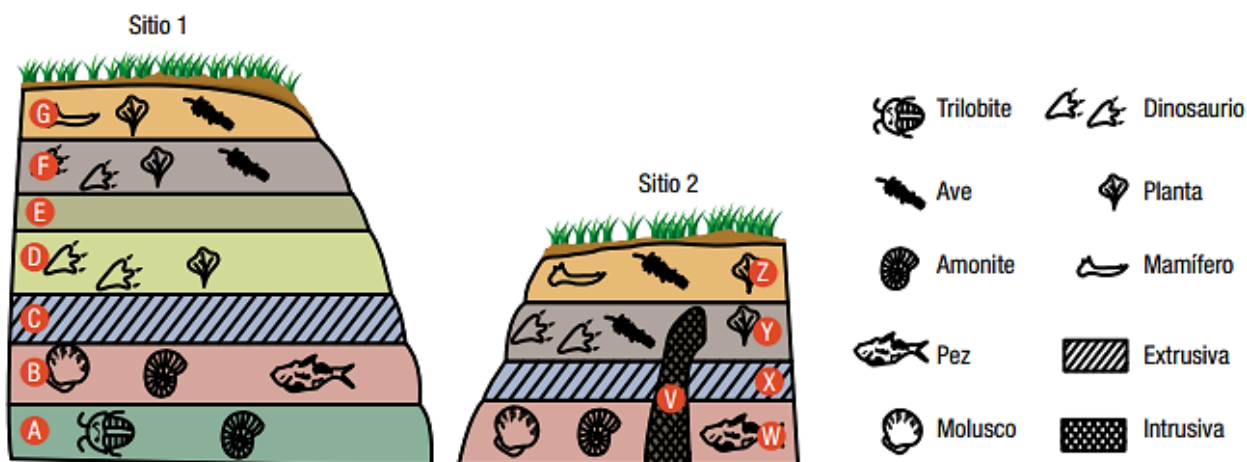
b. ¿Cómo explicas esta distribución de fósiles?

R.

Paleontología y registro fósil

Habilidades: Identificar y deducir

3. A continuación, se representan los estratos (A, B, C... Z) de dos sitios diferentes. Observa la información que entrega la imagen y responde.



a. ¿En cuál de los estratos buscarías restos fósiles más antiguos? Fundamenta.

R.

b. ¿En qué estrato(s) encontrarías los fósiles más recientes en ambos sitios? Justifica.

R. _____

c. ¿Qué estratos del sitio 1 podrían haberse formado al mismo tiempo que en el sitio 2? Fundamenta.

R. _____

d. ¿Cómo contribuye el proceso representado en las imágenes al entendimiento de la evolución de los organismos? Fundamenta.

R. _____

