

SÍNTESIS DE LA GEOLOGÍA HISTÓRICA DE LA TIERRA

Términos de importancia para el estudio y comprensión de la Historia de la Tierra

Vocabulario de términos selectos

HADEANO (5000 – 4000 ma)

ARQUEANO (4000 – 2500 ma)

PROTEROZOICO (2500 - 540 ma) Tabla sintética Paleogeografía

PALEOZOICO (540 - 250 ma)

MESOZOICO (250 – 65 ma)

CENOZOICO (65- 0 ma)

HADEANO (5000 – 4000 ma)

preguntas fundamentales. ¿La estructura del interior de la Tierra, ya existía?, cómo pudo haberse formado? ¿Existía ya la atmósfera y los océanos?, cómo se formaron?, eran como los actuales?

Las rocas de ese tiempo son: prácticamente no existen, las rocas más antiguas son de 4030 m.a se encuentran en los escudos de los cratones

Durante este largo tiempo: **se diferenció la estructura interna en capas concéntricas de la Tierra**. Existen dos teorías:

El modelo de acreción frío, -1. El planeta creció mediante la acreción de partículas y bombardeo de meteoritos quedando una mezcla de materiales **homogénea**. 2. Después la Tierra perdió su volumen debido a la compresión gravitacional, en tanto que 3. la temperatura interna aumentó y se inició la diferenciación

El modelo de acreción caliente. -Primeramente el Fe y Ni se condensaron y formaron el núcleo en condiciones extremadamente calientes. En seguida una capa de silicatos formó el Manto y éste se diferenció proporcionando materiales para la corteza

También **hubo intenso bombardeo de meteoritos**, como se desprende de la comparación con los fechamientos de las rocas de cráteres y estructuras lunares [ver columnas comparativas historia tierra-luna](#)

Atmósfera y Océanos. - Se formaron en este tiempo como un subproducto de la actividad volcánica (degasamiento).

La actividad volcánica empezó cuando la Tierra que ya tenía una estructura interna semejante a la actual y también pudo deberse en parte, al impacto de cometas y/o meteoritos.

La atmósfera original no contenía O₂ libre y presentaba cantidades mayores de CO₂ . que la actual

Evidencias de la naturaleza de la atmósfera se tiene en los depósitos ricos en pirita y uraninita (minerales que se descomponen ante la presencia del O libre y actualmente solo se depositan localmente en medios reductores) y en los banded iron formation presentes ya desde el Arqueano.

Evidencias de la existencia y naturaleza del océano y atmósfera se tienen en las rocas sedimentarias clásticas arqueanas y proterozoicas. La abundancia de carbón en muchas de ellas denota una atmósfera reductora y ambientes ácidos que inhibían el depósito de caliza y favorecía el depósito de pedernal

ARQUEANO (4000 – 2500 ma)

preguntas fundamentales. ¿Cómo funcionaba la Tierra?, ¿Cómo era la corteza terrestre? ¿ya a funcionaba la tectónica de placas?
¿cómo, desde cuándo? ¿Qué evidencias existen sobre la naturaleza de la atmósfera en este tiempo?
¿Cuáles, cuándo y dónde son los primeros registros de vida y organismos y cuáles eran las condiciones terrestres para que esto sucediera?

Las **rocas características** son: Greenstone Belts, rocas graníticas, banded iron formations (BIF), estromatolitos

GREENSTONE BELTS

Cinturones alargados (varias decenas de km de largo) de secuencias **volcánicas** ligeramente **metamorfoseadas** y **sedimentarias** de **aguas profundas** (?),

Se encuentran rodeados de masas dómicas de granitos (también arqueanos)

Estas secuencias, de espesores de 6 a 30 mil m, se encuentran sumamente **plegadas y afalladas**

Las rocas **volcánicas** son: más abundantes hacia la parte inferior. Incluyen pillow lavas, brechas, volcanoclásticas y tobas.

Su composición es: **ultramáficas** (**komatiitas**, **anortositas**) y máficas hacia la parte inferior, seguidas de intermedias y finalmente félsicas. Esta secuencia sugiere una evolución progresiva de la roca fundida. Las rocas intermedias y félsicas son las que más se presentan con volcanoclásticas

Las rocas **sedimentarias** son: más abundantes hacia la parte superior (más jóvenes) y contienen:

- + **Grauvacas** (areniscas mal seleccionadas, con una gran cantidad de lodo o matriz) con estratificación gradada. se han interpretado como depositadas por corrientes de turbidez
- + **conglomerados**. Algunos contienen capas con clastos de granitos. [Ver columna](#)

Interpretación de los greenstone belts.- Las rocas máficas y ultramáficas sugieren una **corteza inicial máfica, extremadamente delgada e inestable que fue cambiando a una corteza granítica**. Las rocas ultramáficas son totalmente inusuales, en virtud a que las temperaturas de fusión de sus minerales constituyentes es de 1600° C (basaltos modernos funden a 1100° C)

Interpretación alternativa.- formadas como producto de impacto meteórico.

Inconveniente de esta interpretación: su edad es menor (más joven) que la edad de la máxima actividad meteórica, la cual fue de: 4100 a 3800 m.a. (de acuerdo con fechamientos radiométricos de roca lunares)

GRANITOS Y GRANULITAS ARQUEANOS

Las rocas graníticas y granulitas (gneisses derivados de metamorfismo térmico y deformación de intrusivos graníticos), se presentan principalmente rodeando a los greenstone belts, [ver sección geol. e interpretación](#) Ver su ASPECTO evidencia de ellos se observa también en las gravas que conforman a conglomerados pertenecientes a secuencias sedimentarias más jóvenes que los greenstone belts.

Su formación.-

Actualmente se considera que los granitos se forman principalmente bajo los arcos volcánico en los límites de placas convergentes. Este proceso produce zonas de metamorfismo muy extensas alrededor de tales intrusiones graníticas.

Contrastantemente, los granitos arqueanos produjeron metamorfismo por muy pocas extensiones en las rocas encajonantes de los greenstone belts, probablemente debido a que fueron emplazados en profundidades extremadamente someras (cerca de la superficie, de forma que disiparon el calor rápidamente).

Por lo anterior, se interpreta que estas rocas graníticas arqueanas

Representan la separación inicial de los minerales más ligeros formadores de la corteza continental , de aquéllos minerales más pesados que conforman el manto (proceso conocido como fusión parcial)

De tal suerte que constituyen la parte más gruesa de lo que fuera la primera corteza continental,

[ver sección](#)

⇒ Los **PRIMEROS CONTINENTES**, fueron consolidados y formados a partir de la corteza oceánica hace 3400 a 2400 m.a. Una vez formados, en ellos se desarrollaron sedimentos de aguas someras y desde entonces han permanecido estables

FORMACIONES DE HIERRO BANDEADO (BANDED IRON FORMATIONS, BIF)

Gruesas secuencias sedimentarias (cientos de m de espesor) de pedernal rico en hierro (ironstone), en bandas negras o rojas que alternan con capas de pedernal gris pobre en Fe. [Ver afloramiento](#)

Las bandas son de 1 mm a varios cm, los colores corresponden con el contenido y el estado de oxidación/reducción del Fe, Edad: de 3000 a poco menos de 2000 ma. La mayoría es de alrededor de 2000 m.a.

El Fe presente en las capas ricas en Fe de los BIF, es particularmente abundante, presumiblemente producto de una intensa actividad hidrotermal submarina asociada a las zonas de rift.

El Fe es principalmente de color rojo quemado: óxido férrico (Fe_2O_3) que fue depositado, como el pedernal, a partir de Fe disuelto en los océanos. Esto actualmente no sucede debido al O libre de la atmósfera, que hace que el Fe sea insoluble (Fe^{+3}).

Estos depósitos registran entonces el gradual aumento de oxígeno en la atmósfera

PRIMEROS INDICIOS DE VIDA

Evidencia indirecta de vida: más antigua hace 3,800 ma en BIF de Groenlandia. Relaciones C13 y C14 en los sedimentos en proporciones similares a la que existe en organismos actuales.

Evidencia directa más antigua de vida: hace 3,500 ma en capas de pedernal dentro de una secuencia de basaltos del oeste de Australia. *Restos de diferentes tipos de microorganismos muy similares a cianobacterias.* Implicaciones: ya se tienen los primeros productores de O_2 libre.

Localidades importantes: rocas del *Grupo Fig Tree* (pedernal, ironstones, lutitas y areniscas, con contenidos de carbón), Sudáfrica, 3,100 ma. Cuerpos esferoidales similares a cianobacterias

ESTROMATOLITOS

Acumulaciones con forma de montículos pequeños de carbonato ([ver fotografía](#)) de calcio producidas por cianobacterias (anteriormente referidas como algas verde-azules).

Aunque se empiezan a formar desde el Arqueano, son especialmente abundantes en los depósitos del Proterozoico.

Los más antiguos son de 3,000 ma en Australia. Son más abundantes en los depósitos del Proterozoico, cuando la abundancia de los BIF decrece. [Ver cortes de crecimiento](#)

PROTEROZOICO (2500 - 540 ma)

preguntas fundamentales. ¿Cuál era la configuración de los continentes (cratones) y océanos? ¿Cómo puede saberse cuál era esta configuración? ¿Cómo evolucionó la vida? ¿Cuáles fueron las interacciones fundamentales entre el desarrollo y evolución de la vida y el desarrollo de los sistemas terrestres?

Las **rocas características** son: banded iron formations (BIF); capas rojas, tillitas y otras rocas clásticas asociadas con rifts y aulacógenos*; calizas, estromatolitos

Aulacógeno: rift (dorsal oceánica) abortada: graben de larga duración relleno con sedimentos formado durante los procesos de apertura de cuencas oceánicas, se encuentra orientado diagonal a la estructura del rift principal.

En las secuencias de rocas de esta edad ya se identifican episodios sedimentarios y geológicos que reflejan el funcionamiento moderno de la tectónica de placas, v.g. apertura y cerrado de cuencas oceánicas

FORMACIONES DE HIERRO BANDEADO (BIF) - CAPAS ROJAS

Los abundantes depósitos de BIF que reflejan una atmósfera reductora con gradual incremento de oxígeno libre, dejan de depositarse alrededor de poco menos de 2,000 ma y son seguidos de depósitos de capas rojas, los cuáles ya reflejan una atmósfera definitivamente oxidante. Las capas rojas son secuencias de areniscas, limolitas y lutitas de colores rojizos por contenidos de óxido de Fe como cementante depositadas generalmente en ambientes fluvio-aluviales

TILLITAS

Depósitos de antiguos glaciares y capas de hielo que ocurrieron al menos en dos ocasiones durante el Precámbrico (hace 2200 y hace 700ma). Son brechas y conglomerados inmaduros

Estos depósitos pueden corresponder alternativamente con flujos de lodo (fanglomerados), dada la carencia de cubierta vegetal y con ello su falta de su protección a la erosión. No obstante la presencia de estructuras glaciares típicas, como las estrías y la presencia de otros depósitos asociados a los glaciares, como depósitos lacustres (con varves), sugiere más bien que se trata efectivamente de depósitos glaciares. [Ver diversos aspectos de tillitas y de sus estrías](#)

RECONSTRUCCIONES DE PALEOCONTINENTES

Los primeros continentes arqueanos fueron el núcleo alrededor de los cuales se acreció corteza continental. Durante el Paleoproterozoico (2000-1800 ma), se suturaron y formaron continentes mayores como Laurentia (compuesta por lo que hoy es Norteamérica, Groenlandia, Escocia y Escandinavia).

Dos grandes paleocontinentes han sido reconstruidos: **Rodinia** (1100 -750 ma) a inicios del Neoproterozoico y **Pannotia** (660-540 m.a) a fines del Neoproterozoico.

La formación y disgregación de los paleocontinentes se asocia con la apertura y cierre de cuencas oceánicas y la creación de diversos sistemas montañosos: cinturones de deformación u orógenos (ej. orógenos Trans-Hudson, Grenville, Wopmay)

REGISTRO Y EVOLUCION DE LA VIDA

Al principio siguen organismos procariotas (como cianobacterias, ej. [Gunflint](#), Canadá) y después aparecen organismos Eucariotas: se conservan inicialmente abundantes restos de acritarcas, restos orgánicos de afinidades inciertas y finalmente variadas formas suaves sin equivalentes actuales: “fauna de [Ediacara](#)”, en Australia. Al final aparecen formas con partes duras

RECURSOS MINERALES

Hierro de las formaciones de hierro bandeado

Oro. En el Proterozoico (y Arqueano) se formaron alrededor del 50% de las actuales reservas del oro mundial, probablemente asociado a depósitos hidrotermales del fondo marino

PALEOZOICO (540 - 250 ma)

1. **Cámbrico al Devónico.-** Dominancia de ambientes marinos (mares epicontinentales)
2. **Misisípico – Pérmico** (Triásico inclusive) Dominancia de ambientes terrestres

Posición de continentes: Masas continentales esparcidas en la superficie terrestre en varios pequeños continentes (*Laurentia, Siberia, Báltica, China, Kazakhstania*).

A través del Paleozoico los continentes “derivaron” hasta juntarse primero en un gran continente hacia el polo sur en el Silúrico (Gondwana) y posteriormente a fines del Pérmico en *Pangea*.

La existencia de Pangea se deduce de los elementos de la tectónica de placas actuales (anomalías magnéticas y configuración de continentes)

La formación de Pangea fue el resultado de los modernos procesos de la tectónica de placas: convergencia y subducción de placas debido a apertura y cierre de los océanos que separaban los primeros continentes.

La posición de los continentes paleozoicos y anteriores no se conoce con precisión, para su “armado” se emplean:

- (i) Posiciones de los paleopolos magnéticos de las secuencias paleozoicas dentro de los cratones
- (ii) Distribución de los cinturones orogénicos (características y tiempo de formación)

3-- **Pérmico – Triásico**

Conformación de Pangea

La más grande extinción de organismos, alrededor del 84% de los géneros existentes desapareció

CÁMBRICO AL DEVÓNICO .

Apertura y cerrado de un océano “protoatlántico” que inicialmente separó “Laurentia (Norteamérica) de “Báltica” (Europa). Océano que fue posteriormente consumido al instaurarse zonas de subducción en los márgenes de ambos continentes, originándose un cinturón orogénico, cuyos registros se encuentran en las montañas Apalaches. La unión de ambos continentes (Laurentia y Báltica) fue Laurasia

Los ambientes registrados en las secuencias de este cinturón son:

Depósitos terrígenos de plataforma somera y de aguas profundas

En los que son abundantes los fósiles bentónicos como los trilobites y braquiópodos

Depósitos carbonatados compuestos de fragmentos de carbonatos formados por acción de organismos ó como esqueletos y con poco influjo de terrígenos derivados del continente.

Ambientes con arrecifes (arqueociátidos)

Otras colisiones entre diferentes bloques de corteza se tienen registradas en diversos cinturones orogénicos, presentes sobre todo en el hemisferio norte, de donde se infiere la existencia de varios pequeños continentes en este hemisferio: Laurentia, Báltica (Laurasia, una vez unidos ambos), Siberia, Kazakhstania

En el sur se tiene la presencia de un solo continente: Gondwana, que hacia el Silúrico ocupó posiciones sobre el polo sur.

MISISÍPICO – PÉRMICO (TRIÁSICO inclusive).-

La presencia de los cinturones orogénicos Ouachita y Herciniano indican episodios de la colisión de Laurasia y Gondwana. Hasta contornar el supercontinente Pangea

Los ambientes registrados en este lapso en tales cinturones son:

Ambientes fluviales

Carbón y series de ciclotemas (repeticiones de secuencias de carbón)

Desiertos y evaporitas

Capas rojas

Depósitos glaciares (Ordovícico-Silúrico y Carbonífero-Pérmico)

MESOZOICO (250 – 65 ma)

TRIÁSICO

Dominancia de **depósitos Continentales**

Se inicia rompimiento de Pangea con desarrollo de estructuras tensionales: rifts

Climas muy secos con gruesos depósitos de evaporitas en mares angostos, que iniciaban su formación

Se inicia el “embahiamiento” del mar de Tethys

Cambios dramáticos en diversidad biológica

Gran extinción de especies (47% de géneros existentes) al final del Triásico

JURÁSICO A CRETÁCICO

Abundancia de **mares “epeiricos”**: mares someros que invaden áreas anteriormente formadas por tierra emergida, debido al crecimiento de mares angostos (márgenes tectónicos pasivos), favoreciendo con ello **climas cálidos e importantes depósitos de calizas**, particularmente en el Cretácico.

Los cambios del nivel del mar registrados en estas secuencias se atribuyen a cambios “eustáticos” ó globales

En **Jurásico**: un ligero enfriamiento al inicio por el rompimiento de Pangea (no obstante los climas dominantes son cálidos y secos)

y el depósito de **ironstones** (carbonatos de Fe y material carbonoso, con oolitos de óxidos de Fe) en mares epeiricos debido posiblemente al poco aporte de terrígenos en estos ambientes.

Se ensanchan corredores marinos en las áreas donde se desarrollan **rifts**, con **depósitos calcáreos y acumulaciones de petróleo** principalmente en los mares ecuatoriales del Cretácico (ej. zonas petrolíferas de México y Texas y del Golfo Pérsico).

Asociados a los rifts se desarrollan **aulacógenos** como los valles del amazonas y del Níger y el **Golfo de México**, en donde abundan depósitos clásticos con intercalaciones de material volcánico

En los mares recién formados se inicia el registro de **puntos calientes** en el Cretácico,

Atlántico

así como también en el

Pacífico:

Cordilleras Río Grande (W) y Walvis (E)

Cordillera Emperador (Hawai); Tuamotu-Pitcarin (S),

En las zonas costeras donde no son zonas de rift (borde exterior de lo que fuese Pangaea), se desarrollan **límites tectónicos de convergencia:**

Región **Coordillerana**

Andes

Límites convergentes también se desarrollan, hacia finales del Cretácico, al iniciarse el **cierre del Tethys**, donde el límite convergente se da por la:

colisión **Africa vs Europa**

Este tipo de límite se continúa en el Terciario y registro de ello son las zonas de montañas plegadas de: **Alpes** y **Atlas**

En México en este tiempo (Cretácico-Terciario) se inicia la formación de la **Sierra Madre Oriental**

En estas zonas las secuencias sedimentarias se encuentran fuertemente deformadas y con intrusiones graníticas. En ellas se originaron importantes **depósitos minerales** (cobre, plomo, zinc) debido a los procesos ocurridos por la interacción entre placas.

Los depósitos durante el desarrollo de estos procesos, se considera son en cuencas marginales como las actuales en el Pacífico del oeste, con la presencia de **terrenos “sospechosos” (?)**

Los tipos de **depósitos** son (**Cretácico Tardío-** inicios Terciario) principalmente **clásticos:**

:secuencias alternantes de lutitas-areniscas marinas de aguas profundas (Flysch)
areniscas, conglomerados y brechas continentales (molassas)

depósitos de sistemas deltáicos y barreras de islas que pueden tener grandes espesores
lutitas y depósitos lacustres (con restos de petróleo removido por calor)

CENOZOICO (65- 0 ma)

PALEÓGENO (65- 23.5 ma)

En **Eoceno** se **separa Australia** (viaja al norte) de América (queda en el polo sur), con lo que se altera la circulación de corrientes marinas y vientos: se evita que corrientes cálidas lleguen a la Antártica, quedando únicamente bañada por corrientes frías

En Atlántico del norte la parte del **rift** entre **Groenlandia** y América del Norte “**brinca**” a la región entre Groenlandia y Escandinavia, rompiéndose así la cuenca del Ártico existente en el Cretácico y permitiendo la salida de las densas y gélidas aguas hacia los océanos adyacentes.

Consecuencia: Enfriamiento general del planeta después del Eoceno al descender aguas frías a más bajas latitudes y formación de una “Pscyrhosfera (capa de océano gélida) que persiste hasta la actualidad. Antes de esto (hasta Eoceno temprano) hay evidencia de plantas de climas cálidos a altas latitudes

Se cierra el Mar del Thetys (se inició desde Mesozoico y termina en Oligoceno) por la:

Convergencia de placas Africana, Eurasiática e India. Evidencia de ello son:

Los *Alpes*, los *Atlas*, los *Cárpatos*, el *Cáucaso*, terminando con la colisión entre India y Asia originando la formación de los Himalaya (Eoceno-Oligoceno), los cuales son aún sísmicamente activos y un caso especial de choque entre dos cortezas continentales con un considerable engrosamiento de la corteza que ha dado lugar a las montañas con más grandes alturas. En este cierre fueron involucrados muchos “microcontinentes” separados por corteza oceánica

En la **margen Occidental** continúa la formación de montañas en la región de La Cordillera en la fase conocida como ***Orogenia Laramide*** (*iniciada desde fines del Cretácico*). Las características de las orogenias en esta margen es una migración hacia el Este (tierra adentro) de la actividad ígnea, atribuida a cambios en el ángulo de subducción de la placa oeste. O. Laramide formó la Sierra Madre Oriental

NEÓGENO (23.5 – 1.75ma)

En la margen Occidental:

Consunción de la antigua placa oceánica del Pacífica: Placa Farallón (de la que aún quedan remanentes)

Levantamiento de partes continentales (Sa. Nevada, Montañas Rocallosas, Meseta del Colorado),

Levantamiento del Altiplano Mexicano y regiones denominadas “Basin and Ranges” y,

Vulcanismo como el de la sierra Madre Occidental atribuido a la subducción de una dorsal oceánica

Región del Caribe

Configuración actual con un arco de islas al Este

Levantamiento y formación de Istmo de Panamá (con el intercambio de biotas entre Norte y Sudamérica; 2.5 ma)

Región del Mediterráneo:

Desecación en Mioceno por una débil conexión con el Atlántico, con gruesos depósitos de evaporitas

Su relleno de aguas marinas al final del Mioceno debió haber sido espectacular (3000 m bajo el nm)

África:

Formación del rift africano (8 ma) con la creación de dos ecosistemas contrastantes: selva de altura y sabana, en cada uno de los cuales evolucionaron los chimpancés y gorilas y, los homínidos

En continentes Eurasiático-América:

Existencia de “puente de comunicación” relativamente continuo durante el Paleógeno, el cual se vuelve “intermitente” durante el Neógeno.

Términos de importancia para el estudio y comprensión de la Historia de la Tierra

CRATÓN: Grandes regiones tectónicamente estables (\Rightarrow con poca deformación) desde el Precámbrico, hace al menos 600 m.a., compuestas de escudos y plataformas sobreyacentes

ESCUDOS (PRECÁMBRICOS)

Grandes áreas con rocas precámbricas generalmente cubiertas por estratos más jóvenes en regiones geológicamente estables

PLATAFORMAS Áreas de depósito en mares someros "epicontinentales"

Las plataformas asociadas a escudos, son cubiertas sedimentarias fanerozoicas (o inclusive proterozoicas), subhorizontales o bien con ligero plegamiento, que presentaron "subsistencia" (hundimiento) suave, alternante con periodos de emergencia y erosión. Las secuencias acumuladas son generalmente delgadas, aunque localmente pueden engrosarse. Su poca deformación se debe a haberse depositado en zonas tectónicamente estables (un cratón).

CINTURONES OROGÉNICOS (mobile belts)

Regiones elongadas en las que se han acumulado y deformado gruesas secuencias sedimentarias. Estas secuencias pueden contener rocas volcánicas y se encuentran plegadas, metamorfoseadas y/o intrusionadas por cuerpos plutónicos y con frecuencia tiene yacimientos minerales de importancia económica (Cu, Ag, Au, entre otros). Dan lugar a zonas de alto relieve, son formadores de montañas.

GEOSINCLINALES Término heredado de la geología "pre-tectónica de placas" para referirse a áreas de depósito localizadas en los márgenes de cratones en áreas inestables que experimentan subsidencias (hundimiento por peso de sedimentos) considerables. Cuando eventualmente estas secuencias se deforman (plegamiento, intrusiones graníticas, metamorfismo y facturamiento), son el material geológico que conforma a los cinturones orogénicos.

La parte de los geosinclinales cercana al cratón se denomina MIOGEOSINCLINAL.- secuencias de aguas someras

La parte de los geosinclinales más alejada del cratón se denomina EUGEOSINCLINAL.- secuencias de aguas profundas

Actualmente los términos geosinclinales, cinturones orogénicos, cratones, escudos y plataformas, empleados todos ellos desde antes de la tectónica de placas, se siguen empleando, pero su origen se explica en el marco de la tectónica de placas.