

Capítulo 7

Geología Histórica

La descripción del registro de los sucesivos eventos geológicos ocurridos en la Tierra, puede hacerse siguiendo de base a techo la Escala Estratigráfica.

A grandes rasgos, hay una diferencia sustancial entre los terrenos anteriores y los posteriores al deslinde Precámbrico-Cámbrico. En efecto, los **terrenos fanerozoicos** (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) se destacan por la abundancia de sucesiones sedimentarias estratificadas, con su preciado contenido de fósiles. Contrariamente, los terrenos precámbricos (Arcaico y Proterozoico), se caracterizan por la gran difusión de rocas ígneas y metamórficas, en mayor parte desprovistas de fósiles. No obstante, cabe tener en cuenta que la anterior no es una regla general. Hay rocas ígneas y metamórficas de cualquier edad estratigráfica (incluyendo prácticamente todo el registro Fanerozoico) y en los **terrenos precámbricos** se conservan algunas sucesiones sedimentarias.

La relación entre ambos conjuntos, Precámbrico y Fanerozoico, suele ser la de un **Basamento Ígneo-metamórfico**, soportando en relación de discordancia angular a una **Cobertura volcano-sedimentaria**.

Precámbrico

Denominación informal de los terrenos ubicados por debajo de las rocas formadas en el Período Cámbrico.

Las rocas precámbricas ocupan los núcleos continentales, marginadas por rocas orogénicas fanerozoicas. Todos los continentes tienen su correspondiente núcleo precámbrico, como los Escudos Canadiense y Amazónico, de Norteamérica y Sudamérica, respectivamente (Fig. 7.1).

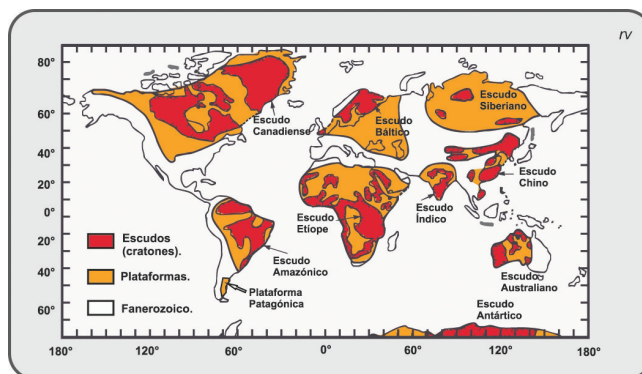


Figura 7.1. Bosquejo de la distribución de los núcleos continentales.

Las rocas de tales núcleos continentales están expuestas, a la vista en superficie, en grandes áreas denominadas **Escudos** o **Cratones**. Además, se extienden considerablemente en subsuelo, a moderada profundidad, cubiertas por sedimentitas no deformadas, constituyendo en conjunto las **Plataformas**.

Otra denominación de las rocas precámbricas, previas al Período Cámbrico, es **Azoico**, atendiendo a las características paleontológicas y en la creencia de que estuvo desprovisto de vida.

El posterior descubrimiento en esos terrenos de formas biológicas fósiles motivó un desdoblamiento. A las rocas de la parte más reciente del Precámbrico se la llama **Proterozoico** (del griego *proteros* = primero) y a la parte más antigua **Arcaico**.

La importancia temporal del Precámbrico surge cuando se contrasta con la duración del Fanerozoico, aproximadamente 540 Ma. Por lo tanto, los aproximadamente 4.600 Ma de antigüedad de la Tierra, dejan a disposición aproximadamente 4.000 Ma. Además, entre otros eventos importantes, se sitúan en el Precámbrico el origen del planeta y de la vida.

La división del tiempo Precámbrico es dificultosa, atendiendo a que casi no puede aplicarse el criterio paleontológico. Es por ello que desde los primeros intentos la distinción de unidades y su ordenamiento se han apoyado en el **criterio orogénico**, consistente en el reconocimiento de los efectos producidos por la acción de sucesivos **ciclos orogénicos**.

El estudio de los ciclos orogénicos ha sido potenciado desde mediados del siglo pasado por la radiometría. No obstante, teniendo en cuenta que los ciclos orogénicos tienen una duración de algunas centenas de millones de años, se entiende que haya un escaso número de divisiones estratigráficas.

Los ciclos orogénicos son productores de metamorfismo y magmatismo y las rocas producidas muestran estructuras de tipos y orientaciones características, lo que hace que por medio del mapeo geológico se pueda distinguir dentro de un cratón varios **dominios** o **provincias**.

Las rocas de cada dominio ocupan superficies de miles de km² y eventualmente pueden ponerse en contacto, dando oportunidad a establecer cuál dominio es más antiguo, por la deformación sobrepuesta a estructuras preexistentes y por relaciones de corte de plutones. La determinación de edades radiométricas de las rocas de los distintos dominios de un cratón permite conocer el tiempo de ocurrencia de los ciclos orogénicos.

La cronología relativa pudo tempranamente ordenar los diversos conjuntos o dominios orogénicos presentes en los Escudos Continentales, definiendo sucesivos ciclos orogénicos. Luego, la obtención de edades radiométricas en rocas de cada conjunto permitió delimitar su ubicación cronoestratigráfica.

Cabe también considerar que una característica de la geología de los cratones, es que en los Escudos de los distintos continentes hay una estratigrafía orogénica propia, que dificulta la correlación intercontinental precisa.

La división mayor da lugar a los Eones Arcaico y Proterozoico, con deslinde entre ellos a los -2.500 Ma. Es un límite más o menos universal, estimándose que probablemente coincida con un cambio drástico de mecanismos geológicos. El marco de la Tectónica Global sería aplicable estrictamente en los Eones Proterozoico y Fanerozoico, en los últimos 2.500 Ma de la historia de la Tierra.

El **Eón Arcaico** se divide en tres **Eras**, **Paleo-**, **Meso** y **Neoarcaico** y no ha sido posible establecer divisiones menores de alcance intercontinental.

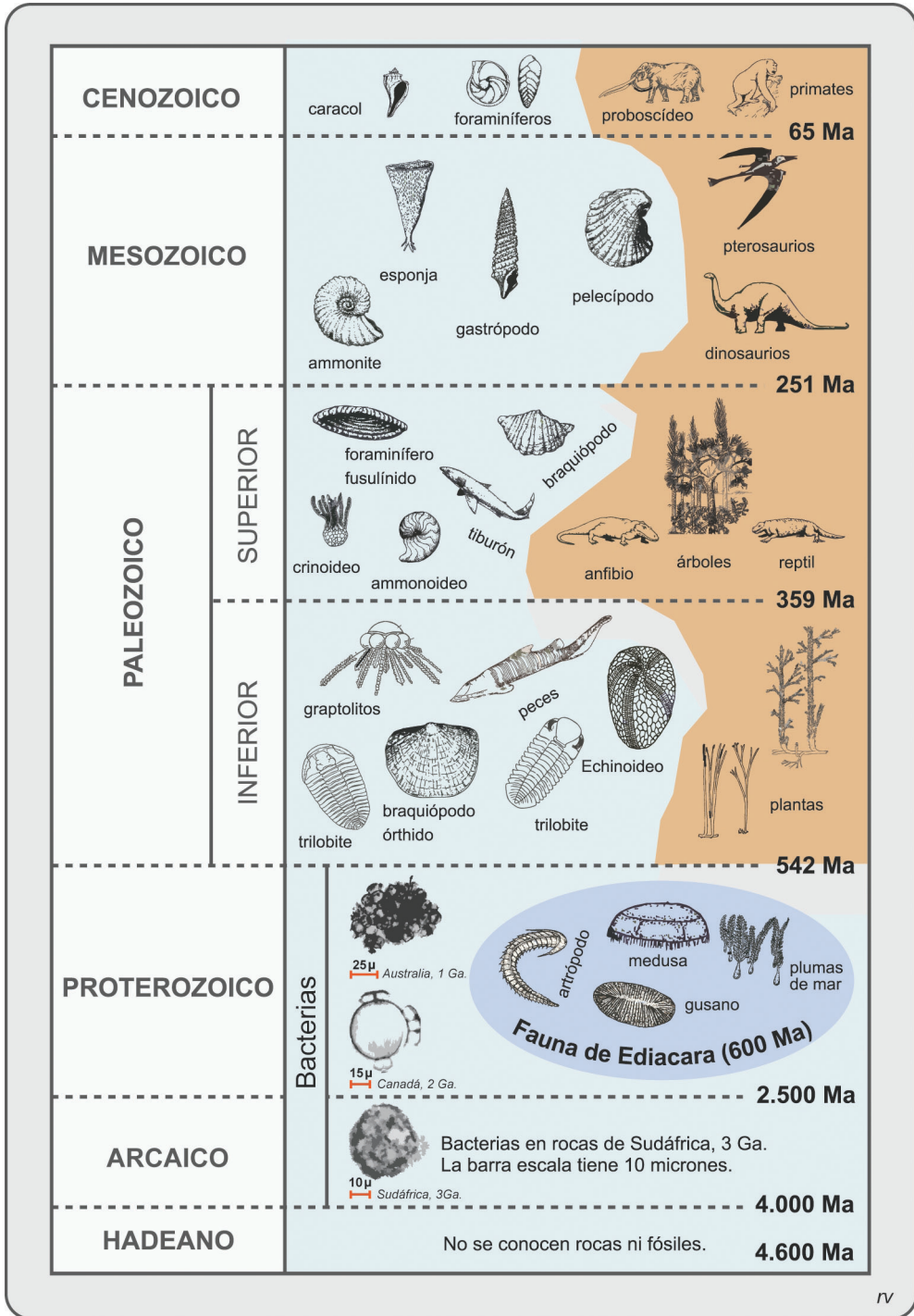


Figura 7.2. Bosquejo de la evolución de la vida durante el tiempo geológico. Celeste medio marino; castaño medio continental.

El Eón Proterozoico también incluye tres Eras, Paleo- Meso- y Neoproterozoico, para cada una de las que se han definido sucesivos Períodos. El Neoproterozoico por ejemplo, dividido en tres Períodos, el más antiguo denominado **Toniano** (alude al estado extensivo de la Corteza al desmembrarse el Supercontinente mesoproterozoico Rodinia), el intermedio llamado **Criogeniano** (por las características paleoclimáticas glaciales) y el más joven llamado **Ediacarano** (por Ediacara, localidad australiana donde se alzan las montañas que albergan la primera fauna conocida de metazoos).

Las primeras formas de vida conocidas, registradas en rocas precámbricas, se conservaron en sedimentos químicos silíceos (chert). Son formas unicelulares microscópicas, bacterias y algas verde-azul, sin núcleo, que provienen de terrenos arcaicos del Oeste de Australia (-3.500 Ma), Sudáfrica (-3.000 Ma) y de rocas proterozoicas del Sur de Canadá (-2.000 Ma).

Una asociación más diversificada de algas, protozoos flagelados y algas verdes con aparente preservación de núcleos celulares, se conservaron en rocas neoproterozoicas de Australia (-900 Ma).

Los primeros seres multicelulares (metazoos), fueron descubiertos en las colinas Ediacara (-600 Ma; Sur de Australia) y consisten en impresiones de cuerpos blandos en sedimentos. Son formas afines a celenterados (medusas, anémonas y corales), gusanos, artrópodos y equinodermos (Fig. 7.2).

Fanerozoico

Los terrenos fanerozoicos constituyen principalmente cinturones orogénicos que se adosaron en las márgenes de los núcleos continentales. También están representados en sucesiones sedimentarias que descansan pasivamente sobre las áreas cratónicas. En el primer caso, tienen el significado de nuevos y sucesivos cinturones orogénicos, en buena parte constituidos por rocas juveniles (mantélicas), eventualmente acompañadas por rocas preexistentes (reseteadas; corticales), resultantes de la interacción de las placas litosféricas.

Las divisiones estratigráficas que se han establecido dentro del Fanerozoico, están fuertemente influenciadas por la sucesión de faunas y floras. No obstante, cabe tener en cuenta que ciertos aspectos, como los paleogeográficos y orogénicos, están íntimamente relacionados con la dinámica de la Tectónica Global.

Paleozoico

Está integrado, en orden de antigüedad decreciente, por los Períodos Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

Se acostumbra efectuar una división informal del tiempo Paleozoico, con la posibilidad de considerar **Paleozoico Temprano (Inferior)**, **Paleozoico Medio** y **Paleozoico Tardío (Superior)**. No obstante, la subdivisión no es uniforme en los distintos continentes, reflejo de diferencias en la evolución geológica y límites temporales para el inicio y finalización de los ciclos orogénicos discernidos.

En Europa se incluye en el Paleozoico Temprano a los Períodos Cámbrico, Ordovícico y Silúrico (movimientos tectónicos del **Ciclo Caledónico**) y en el Paleozoico Tardío a los Períodos Devónico, Carbonífero y Pérmico (tectónica del **Ciclo Hercínico** o **Varíscico**).

En otras regiones (o continentes) los estratígrafos prefieren una división tripartita: Paleozoico Temprano (Cámbrico y Ordovícico), Medio (Silúrico y Devónico) y Tardío (Carbonífero y Pérmico).

En Argentina y regiones adyacentes, hay tendencia a una división en dos partes, pero con límites no coincidentes con los del estratotipo Europeo. El Paleozoico Temprano (Cámbrico a Devónico) tiene relación con la **Orogenia Famatiniana**. El Paleozoico Tardío (Carbonífero y Pérmico) está vinculado con el **Ciclo Orogénico Gondwánico**.

La paleogeografía del Paleozoico Temprano estuvo caracterizada por la ubicación en el Hemisferio Sur de la casi totalidad de masas continentales. Se destaca la existencia de una gran masa continental, el Supercontinente **Gondwana**, resultado de la unión de fragmentos de corteza continental precámbrica (núcleos de los actuales continentes Sudamérica, África, Arabia, India, Antártida y partes del Sur de Europa y Sudeste de Norteamérica). Otros núcleos continentales, entre ellos Norteamérica, Europa y Siberia, fueron para ese tiempo fragmentos continentales separados. El **Iapetus** fue un angosto océano que separó Norteamérica de Europa y el océano **Theic** separó Gondwana de las ancestrales Norteamérica y Europa. El **Proto-Océano Pacífico** tuvo grandes dimensiones en el Hemisferio Norte, rodeando escasas masas continentales (Fig. 7.3).

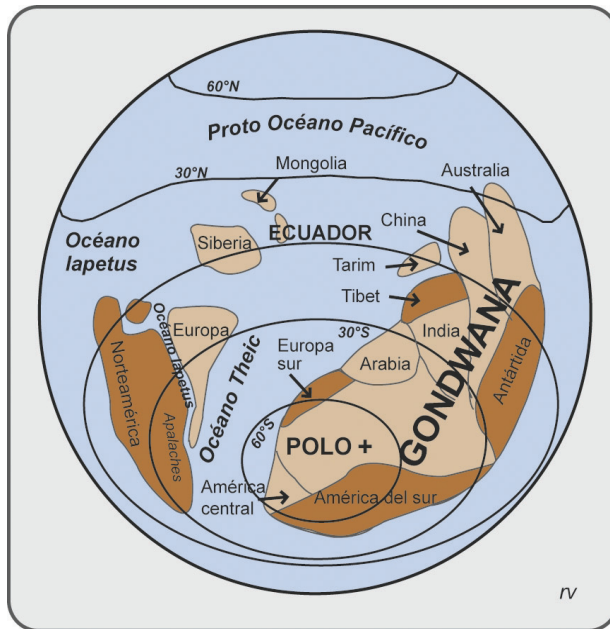


Figura 7.3. Paleogeografía del Paleozoico Temprano. Modificado de Burchfiel et al., 1982.

La paleobiología es uniforme a nivel global. El Paleozoico Temprano se caracteriza biológicamente por la abundancia de variadas formas de invertebrados marinos, pero no tiene buen registro de vida en tierra firme. Los grupos más representativos son corales tabulados, briozoarios, brachiópodos, trilobites y graptolites (Fig. 7.2).

Los corales son construcciones en CaCO_3 que utilizarían como hábitat formas similares a pólipos de los actuales corales.

Los briozoos son formas diminutas, coloniales, que construyen habitáculos ramosos, cuyos restos fosilizados llegan ocasionalmente a formar rocas.

Los brachiópodos tienen un cuerpo blando contenido por dos valvas articuladas, en un tamaño variable de milímetros a algunos centímetros. Las formas fósiles del Paleozoico Inferior son numerosas y tienen importancia estratigráfica.

Un atributo común a trilobites y graptolites es que son formas de vida extinguidas, con numerosos fósiles guía, por lo que son de gran utilidad para fijar edad relativa. Los trilobites son afines a artrópodos modernos y su hábitat era de ambiente marino de aguas poco profundas (costas y plataformas continentales). Los graptolites fueron individuos coloniales diminutos, que construían formas ramosas centimétricas, flotantes en las aguas marinas, por lo que alcanzaron gran dispersión. Los restos de uno y otro grupo pueden eventualmente coexistir en una misma roca, pero la **facies graptolitífera** común es la de lutitas negras y la **facies de trilobites** es normalmente de litología calcárea o arenosa, por lo que se complementan y permiten ubicar estratigráficamente a las sucesiones sedimentarias del Paleozoico Inferior en todo el mundo.

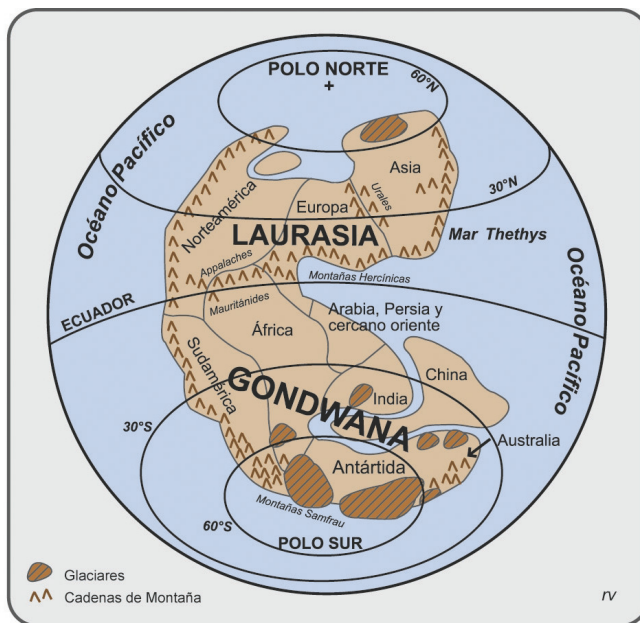


Figura 7.4. Paleogeografía del Paleozoico Tardío. Modificado de Burchfiel et al., 1982.

En el Paleozoico Tardío la actividad tectónica condujo a la conformación del Supercontinente **Pangea**, que reunió prácticamente a toda la corteza disponible para ese tiempo (Fig. 7.4).

Gondwana, que se amalgamó a fines del Proterozoico, persistió como una gran masa continental a lo largo de todo el Paleozoico. Un rasgo distintivo es que durante parte del Carbonífero y Pérmico tuvo un extremo próximo al Polo Sur y experimentó glaciaciones.

Laurasia (Norteamérica-Europa-Asia) es un producto del Paleozoico Superior, originado en el proceso de uniones colisionales que instaló los Montes Hercínicos y Urales.

La colisión de Laurasia y Gondwana integró la Pangea, con la amplia bahía tropical del Mar Tethys. En las márgenes de Pangea también hay orógenos que devienen de la subducción de corteza oceánica, como los **Montes Samfrau** (contracción de Sudamérica-África-Australia). Partes del Samfrau, ahora fragmentado, son la Sierra de la Ventana en la provincia de Buenos Aires y el Sistema del Cabo en Sudáfrica.

En los mares del Paleozoico Tardío la vida siguió diversificándose y son comunes y de importancia estratigráfica los foraminíferos, tetracorales, briozoarios, brachiópodos, ammonoideos, crinoideos y equinodermos, con la aparición de los peces (primeros vertebrados), entre ellos los tiburones (Fig. 7.2).

Los foraminíferos son pequeños y numerosos organismos unicelulares, que construyen un caparazón donde viven y sus restos llegan a formar rocas. En el Pérmico fueron importantes las fusulinas, cuyos exoesqueletos son parecidos en forma y tamaño a granos de trigo.

Los ammonoideos, aparecieron en el Paleozoico Tardío, aunque alcanzaron gran auge en el Mesozoico. Vivían en celdas tabicadas, donde la unión entre ellas (sutura), son de variadas formas y complejidad, dándoles valor clasificatorio.

En ambiente continental, los primeros registros de invertebrados y plantas se conocen a partir del Silúrico Tardío, aunque fue en el Carbonífero y Pérmico donde prosperaron (Fig. 7.2).

Los peces, que invadieron la tierra a fines del Devónico, permitieron la evolución hacia primitivas formas de anfibios y reptiles. La flora alcanzó gran importancia en el Carbonífero, incluyendo a las Gimnospermas o plantas con semilla, que en parte son grandes árboles y es el origen de los depósitos de carbón que caracterizan al período.

Mesozoico

Las reconstrucciones paleogeográficas muestran que en el Mesozoico se produjo en sucesivos pasos la ruptura de la Pangea, con la apertura de Océanos que continúan actualmente en expansión. La fragmentación generó episódicamente los actuales continentes del Hemisferio Austral. En el Hemisferio Boreal nace el Atlántico Norte. En el borde oriental pacífico los fenómenos orogénicos comienzan la formación de una larga cadena de montañas, incluyendo las Rocallosas (*Rocky Mountains*), Sierra Nevada y los Andes (Fig. 7.5).

La vida marina mesozoica muestra abundancia de espongiarios y hexacorales en los mares tropicales. Los moluscos constituyeron un grupo dominante, con diversas formas de gasterópodos, bivalvos y cefalópodos. Algunos grupos de reptiles vuelven a los mares, incluyendo tortugas, lagartos y formas afines a delfines (ichthyosauros) y serpientes (plesiosauros; Fig. 7.2).

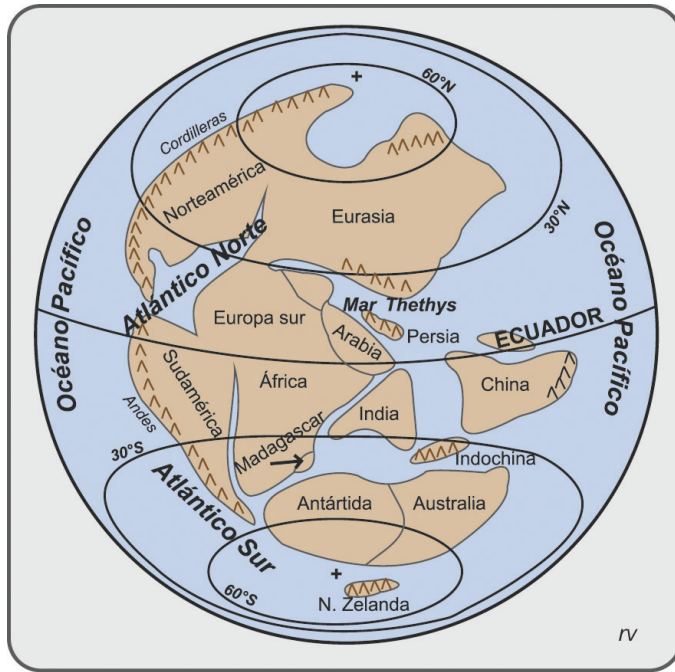


Figura 7.5. Paleogeografía del Mesozoico. Fragmentación de la Pangea. Modificado de Burchfiel et al., 1982.

La vida terrestre de la Era fue dominada por los reptiles. Cabe destacar que en el Período Triásico aparecieron los reptiles mamíferoides, ancestros de los verdaderos mamíferos. En los períodos Jurásico y Cretácico tuvieron auge los dinosaurios y hay formas que evolucionaron hacia las primeras aves. Hacia fines de la Era, los reptiles decayeron en importancia y los dinosaurios se extinguieron. En la flora el hecho más significativo es la aparición en el Cretácico de las Angiospermas o plantas con flores (Fig. 7.2).

Cenozoico

Durante la Era los continentes y océanos fueron paulatinamente acercándose a la configuración actual.

El acontecimiento orogénico más notable es el acercamiento y colisión con Eurasia de fragmentos continentales correspondientes a Turquía, Persia, India y China, originando los Montes Himalaya. En Europa Occidental es un elemento significativo la estructuración de los Alpes.

En el Hemisferio Sur, Australia se separa de Antártida y en el borde pacífico la subducción continuada construyó los Andes. El registro de paleoclimas destaca las glaciaciones cuaternarias (Fig. 7.6).

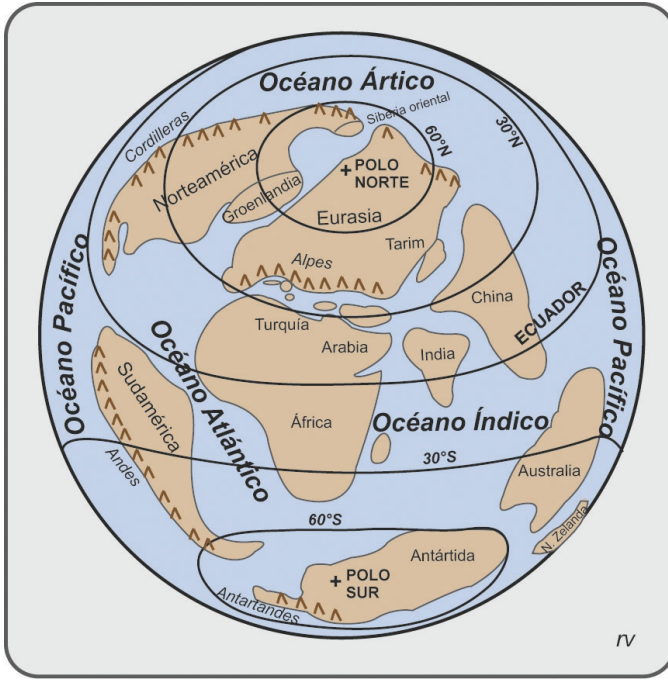


Figura 7.6. Paleogeografía del Cenozoico. Modificado de Burchfiel et al., 1982.

En la vida de los mares cenozoicos se destaca en aguas abiertas la abundancia de formas unicelulares planctónicas (suspendidas pasivamente en la masa de agua), incluyendo diatomeas, radiolarios y foraminíferos. En aguas someras próximas a los continentes, entre las formas bentónicas (habitan el fondo marino), se destacan los moluscos y especialmente los pecicípodos, acompañados por otras formas exitosas como echinoideos y peces óseos (Fig. 7.2).

La vida terrestre cenozoica está distinguida por los mamíferos y las plantas angiospermas. En el grupo de los Primates surgió y evolucionó en el Neógeno, probablemente en África, la familia de los Homínidos, propagándose luego por todo el mundo (Fig. 7.2).