

Unidad 1

Características, evolución y distribución

1.1 Características generales

¿Qué es la vida? ¿Será algo difícil de definir? No obstante, cuando tratamos de definir la vida siempre buscamos unas propiedades fijas que se han mantenido a través de la historia de la vida. Sin embargo, la vida ha cambiado a través de la historia y las propiedades que presentan las formas actuales son diferentes de aquellas de las primeras formas vivientes. Por lo tanto, se evidencia el cambio perpetuo, al cual nosotros denominamos **evolución**. Entonces, a medida que la vida ha progresado o evolucionado y se ha ramificado desde aquellos primeros organismos hasta los cientos de formas que hoy vemos, nuevas propiedades han evolucionado y han sido transmitidas de padres a hijos (= descendientes). Todo este proceso ha dado para la aparición de características muy notables que no tienen igual en el mundo inanimado (= no viviente). En el mundo vivo existen propiedades que emergen en los diferentes linajes de la historia evolutiva de la vida, produciendo la gran diversidad orgánica actual.

Nosotros, los organismos vivos por ser materia, compartimos características con la materia inerte. Por ejemplo, nuestras moléculas se replican al igual que las estructuras cristalinas de las rocas. Entonces, ¿cuál es la diferencia? ¿Cuál es la línea que separa los procesos replicativos que caracterizan a la vida de aquellos que son meramente características químicas generales de la materia a partir de la cual la vida surgió?

Creo que uno podría separar lo anterior sólo acudiendo a las definiciones de herencia y modificación. Todos nosotros compartimos algunas propiedades comunes, que poseen todas las formas de vida y que han sido transmitidas a través de las generaciones con modificaciones grandes o pequeñas, que han dado lugar a la amplia diversidad de hoy. Por lo tanto, hay una historia de **descendencia común evolutiva**, que nos separa de las formas no vivientes. Las características o propiedades de los organismos vivos evidencian una única historia llamada vida. Todas esas características son importantes para el mantenimiento y función de la vida y por lo tanto, deben mantenerse y persistir a través de la evolución de los seres vivos.

Propiedades generales

Todos los seres vivos poseen siete propiedades básicas, que, aunque se han dado modificaciones entre los seres vivos (extintos y existentes), ellas mantienen una unidad y surgieron desde principios de la vida. Tales propiedades son: 1) organización química y molecular única; 2) organización compleja y jerárquica; 3) reproducción; 4) posesión de programa genético; 5) metabolismo; 6) desarrollo; e 7) interacción ambiental.

- 1) *Organización química y molecular única*: los sistemas vivientes poseen grandes moléculas o macromoléculas, las cuales son más complejas que las pequeñas moléculas que constituyen la materia inerte. Estas macromoléculas están compuestas principalmente por cuatro elementos químicos: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), además de otros elementos que varían dependiendo de la macromolécula.

Las macromoléculas se agrupan en cuatro grandes tipos: a) ácidos nucleicos; b) proteínas; c) carbohidratos; y d) lípidos. Estos cuatro tipos difieren en la estructura de las partes que lo componen, los tipos de enlaces químicos que unen las subunidades y sus funciones en los organismos. Las estructuras generales se estabilizaron muy temprano en la historia de la vida, pero podemos encontrar ciertas modificaciones dependiendo del tipo de organismo.

- 2) *Complejidad y organización jerárquica*: la materia inanimada está organizada en átomos y moléculas, y en algunos casos, se presenta un mayor grado de organización. Sin embargo, en los seres vivos se presentan combinaciones de átomos y moléculas que no están presentes en el mundo inerte.

En orden jerárquico, los niveles de organización en los seres vivos son: macromoléculas, células, organismos, poblaciones y especies. Cada nivel está organizado sobre el inmediatamente inferior y tiene su propia estructura interna con una complejidad determinada

Por ejemplo, dentro de la célula, las macromoléculas componen estructuras como los ribosomas, los cromosomas y membranas y éstas, de igual manera, se combinan en varias formas de mayor complejidad llamadas organelas (e.g., la mitocondria).

Al nivel del organismo también existe una jerarquía sub-estructural: las células forman tejidos, y éstos se combinan en órganos; y un conjunto de órganos forman sistemas (e.g. circulatorio, respiratorio).

Las células son las unidades mas pequeñas de la jerarquía biológica, con una semiautonomía en su habilidad para realizar funciones básicas, incluyendo la reproducción. La replicación de moléculas y componentes sub-celulares suceden solo en el contexto celular y no de manera independiente. Por lo tanto, las células se consideran la unidad básica de los sistemas vivientes.

Por otro lado, ya que cada estructura y nivel de jerarquía presenta distintas propiedades características o emergentes, es necesario el desarrollo de áreas de estudio que analicen detalladamente cada una de esas propiedades (e.g. citología, histología, anatomía) (Tabla 1).

Los diferentes niveles jerárquicos y sus propiedades emergentes son producto de la evolución. Antes que los organismos multicelulares evolucionaran, no hubo distinción entre niveles celular y orgánico, lo cual es ausente aun para organismos unicelulares. La diversidad de las propiedades emergentes que observamos en todos los niveles jerárquicos de la biología contribuye a la dificultad para dar una única definición de la vida.

- 3) *Reproducción*: la vida no surgió espontáneamente, sino que surge a partir de una vida previa a través del proceso de reproducción. Aunque toca dejar claro que la vida **se origina al menos una vez de la materia no viviente**, pero tal evento requirió de grandes periodos de tiempo y condiciones ambientales muy diferentes a las actuales. En resumen, todo tipo de organismo vivo tiene la capacidad de reproducirse y originan otros organismos de su misma clase.

En cada nivel jerárquico hay un proceso de reproducción (Tabla 1):

- Los genes se **replican** en nuevos genes.
- Las células se **dividen** para producir nuevas células (procesos de mitosis y meiosis).

Tabla 1. Diferentes niveles jerárquicos de la complejidad biológica que muestran reproducción, variación y heredabilidad.

Nivel	Escala de tiempo de reproducción	Campo de estudio	Método de estudio	Algunas propiedades emergentes
Célula	Horas (célula de mamífero $\approx$ 16 h)	Biología celular, citología	Microscopia, bioquímica	Replicación cromosómica (mitosis, meiosis), síntesis de macromoléculas (ADN, ARN, proteínas, lípidos, polisacáridos)
Individuo	Horas a días (unicelulares); días a años (multicelulares)	Anatomía, fisiología, genética	Diseción, cruces genéticos, estudios clínicos	Estructura, función y coordinación de tejidos órganos y sistemas (presión sanguínea, temperatura corporal, percepción sensorial, alimentación)
Población	Hasta miles de años	Biología poblacional, genética de poblaciones, ecología	Análisis estadísticos de la variación, abundancia, distribución geográfica	Estructuras sociales, sistemas de apareamiento, distribución de edades de los organismos, niveles de variación, acción de la selección natural.
Especie	Miles a millones de años	Sistemática y biología evolutiva, ecología de comunidades	Estudio de barreras reproductivas, filogenética, paleontología, interacciones ecológicas	Método de reproducción, barreras reproductivas

¿Cuál es la diferencia?:

Mitosis: división de células somáticas y cada célula con un juego doble (2n) de cromosomas.

Meiosis: división de células reproductivas (o gametos) y cada nueva célula presenta un juego impar (n) de cromosomas.

- Los organismos se **reproducen asexual o sexualmente** para dar origen a nuevos individuos.
- Las poblaciones se **fragmentan** dando lugar a nuevas poblaciones.
- Las especies originan nuevas especies a través de procesos de **especiación** (explicado en la unidad 3).

En cada proceso reproductivo hay implícito dos fenómenos complementarios, pero aparentemente contradictorios. Tales fenómenos son la **herencia** y la **variación**.

- **Herencia:** es la transmisión fiel de las características de los padres a los hijos, usualmente (pero no necesariamente) observada al nivel de organismos.
- **Variación:** es la producción de diferencias entre las características de los diferentes individuos.

➔ En el proceso reproductivo, las propiedades de los descendientes son parecidas a las de sus padres, pero se producen combinaciones para dar origen a nuevas características en el nuevo individuo. No obstante, a pesar de esas nuevas combinaciones aún existe cierta similitud con las características originales.

- Por ejemplo, la producción de nuevas poblaciones y especies también demuestra la conservación de algunas propiedades y cambios en otras.
- ✓ Varias especies de sapos del género *Anaxyrus* estrechamente relacionados en su filogenia pueden tener cantos muy similares, pero difieren en el ritmo de las notas (Fig. 1).

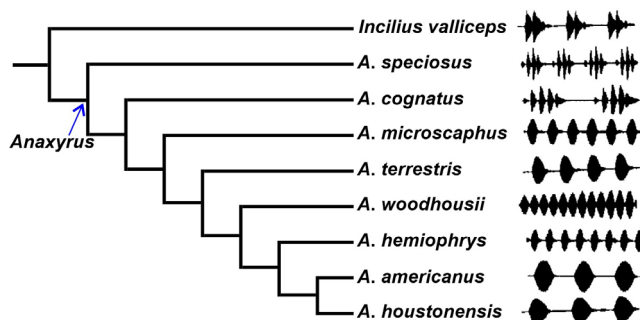


Figura 1. Filogenia hipotética entre especies de sapos (Bufonidae) del género *Incilius* y *Anaxyrus* en Norteamérica. Las últimas seis especies son emparentadas y sus cantos son muy similares entre ellas, exceptuando *A. woodhousii* (modificado de Cocroft & Ryan 1995; Peralta García *et al.* 2016).

En general, la interacción de los procesos de heredabilidad y variabilidad en el proceso reproductivo es la base para la evolución orgánica.

- Si la herencia fuera perfecta, los sistemas vivos nunca cambiarían; si la variación no fuera controlada por la herencia, los sistemas biológicos podrían perder estabilidad y no se permitiría persistir en el tiempo.
- ✓ ¿Qué sucede entonces con los **organismos partenogenéticos** (producción de nuevos individuos sin reproducción sexual ➔ **clonación**)?

4) *Posesión de programa genético:* -un programa genético provee fidelidad a la herencia- ➔ ¿suenan contradictorio al concepto de variación?

Los ácidos nucleicos (ADN, ARN) codifican la estructura de las moléculas proteínicas que son necesarias para el desarrollo y funcionamiento del organismo.

➔ En los animales y la mayoría de los otros organismos, la información genética está contenida en el ADN, el cual está constituido por secuencias de nucleótidos (una base nitrogenada y una azúcar).

- ✓ Las secuencias de nucleótidos representan un código que determina a su vez un aminoácido; y secuencias de aminoácidos representan una proteína.

➔ Entonces, el código genético es una correspondencia entre la secuencia de bases en el ADN y la secuencia de aminoácidos en una proteína.

El código genético fue establecido temprano en la evolución de la vida, y el mismo código está presente en bacterias y en los genomas nucleares de casi todos los animales y las plantas.

- La casi constancia de este código entre las formas vivientes nos da una fuerte evidencia del origen único de la vida.
- El código genético ha sufrido muy pocos cambios evolutivos desde su origen, debido a que cualquier alteración podría romper la estructura entera de una proteína, lo que, a su vez, podría dañar severamente las funciones celulares que requieren proteínas específicas.
 - ✓ Solo en raros ejemplos en los que se han alterado las proteínas y éstas son aun compatibles con sus funciones celulares, podría haber cambios para sobrevivir y reproducirse.
 - ✓ Los cambios evolutivos en el código genético han sucedido en el ADN de las mitocondrias de los animales. El código genético mitocondrial es, por lo tanto, algo diferente del ADN nuclear y bacteriano. Ya que el ADN mitocondrial codifica pocas proteínas en comparación con el ADN nuclear, la probabilidad que ocurran cambios que no alteren las funciones celulares es mayor en la mitocondria que el núcleo.

5) *Metabolismo*: esta característica de los seres vivos es una serie de complejos procesos químicos esenciales para el vivir de los organismos.

En el metabolismo, por ejemplo, los nutrientes son degradados para obtener energía química y componentes moleculares que se usan en la construcción y el mantenimiento del organismo. Los procesos implicados en el metabolismo son: la digestión, la respiración (producción de energía) y la síntesis de moléculas y estructuras.

➔ El metabolismo es en sí una interacción de procesos destructivos (**catabolismo**) y constructivos (**anabolismo**). Los procesos más fundamentales catabólicos y anabólicos surgieron temprano en la historia evolutiva y son compartidos por todos los seres vivos (y no por objetos inanimados). Estos procesos fundamentales incluyen la síntesis de carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas, y suceden principalmente a nivel celular, en organelas específicas:

- **Mitocondrias**: respiración celular (obtención de energía).
- **Ribosomas**: síntesis de proteínas (funciones celulares y construcción).
- **Membranas** nuclear y celular: regulan el metabolismo controlando el movimiento de moléculas a través de los límites nuclear y celular.

El estudio del metabolismo y sus funciones lo realiza el campo de la fisiología.

6) *Desarrollo*: -todos los organismos pasan a través de un característico ciclo de vida-. El desarrollo describe los cambios característicos que un organismo experimenta desde su concepción hasta su forma adulta.

En el desarrollo hay implícitos cambios en el tamaño, forma y diferenciación de estructuras internas del organismo.

➔ En animales, es muy particular que las primeras etapas del desarrollo en especies muy emparentadas filogenéticamente (e.g., pez ➔ hombre) existen muchas similitudes. Pero, en las etapas posteriores, juveniles y adultos, si hay grandes diferencias y las características son particulares a cada grupo (Fig. 2).

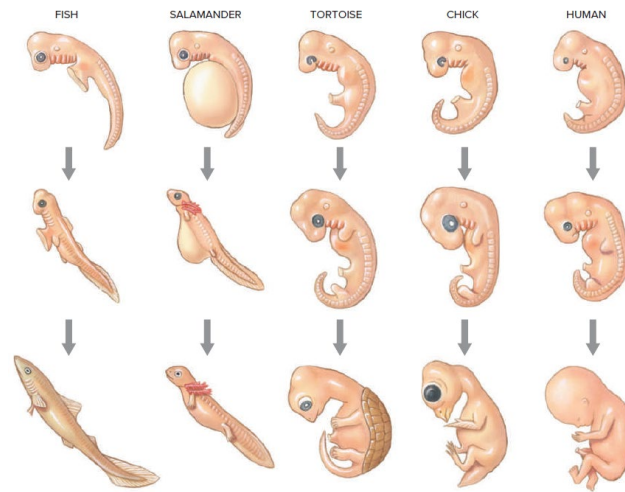


Figura 2. Embriones de vertebrados en etapas tempranas. En las primeras fases, después de la gastrulación, no hay diferencias entre los distintos grupos (1ª línea) y se muestran características relativamente comunes para todos ellos. Sin embargo, cuando se avanza en el desarrollo, se notan las características de cada grupo (Hickman *et al.* 2017).

➔ En algunos organismos multicelulares, en especial algunos vertebrados como los anfibios, las etapas de desarrollo son muy diferentes entre sí (Fig. 3), y podría asegurarse que esos organismos en distintas etapas no son la misma especie.

- Cada etapa posterior presenta características nuevas que hacen dicha etapa muy diferente a la precedente. Esto es lo que se conoce como metamorfosis (también ocurren en insectos).

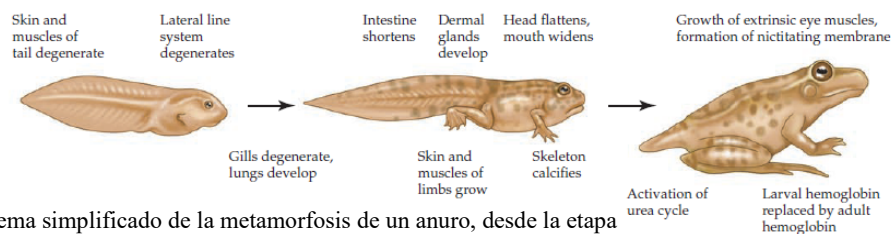


Figura 3. Esquema simplificado de la metamorfosis de un anuro, desde la etapa de renacuajo pasando por una etapa de metamorfo y finalmente el individuo post-metamórfico (Pough & Janis 2019).

El crecimiento en los seres vivos difiere del de las cosas inertes, en que en los seres vivos tal evento sucede por adición interna y externa de estructuras, mientras que en los otros (e.g., los cristales) solo se presenta una adición externa de elementos.

7) *Interacción ambiental:* -todos los animales interactúan con sus ambientes-. El estudio de la interacción de los organismos con su ambiente se denomina ecología, donde es de especial interés los factores que determinan la abundancia y la distribución de los organismos.

➔ La ecología permite entender como un organismo puede percibir los estímulos ambientales y responder de manera apropiada ajustando su metabolismo y fisiología.

Todos los organismos responden a los estímulos de su ambiente gracias a la **irritabilidad** (es una propiedad de los seres vivos).

- El estímulo y la respuesta puede ser simple, tal como alejarse de una fuente de calor o frío extremo o ser tan compleja como la respuesta de una hembra de un ave al complicado repertorio de señales de cortejo (visuales y sonoras) emitidas por un macho en un periodo reproductivo.

- En general, la respuesta a los estímulos ambientales puede ser de diversas formas y la intensidad de la respuesta no es siempre proporcional a la magnitud del estímulo; y la alteración no es siempre permanente.

También hay que entender que la vida y el ambiente son entes inseparables y no podemos aislar la historia evolutiva de un linaje de organismos del ambiente en que ellos evolucionaron.

- ¿Por qué animales como los equinos (e.g., caballos, cebras), vacunos (e.g., vacas, ñu), cérvidos (e.g., antílopes, cabras), poseen ojos laterales y patas largas?
- ¿Por qué los grandes gatos poseen ojos frontales y columnas vertebrales elásticas con gran capacidad de lordosis?

✓ El ambiente y las interacciones entre ellos habían determinado esas formas corporales y comportamientos.

Eras geológicas y origen de los vertebrados

Los animales y la vida son entidades que sufren constantes cambios, los cuales sólo pueden describirse en términos de los atributos que han adquirido a lo largo de su amplia historia evolutiva. En el árbol evolutivo de la vida, los primeros organismos que se consideran animales surgieron en la Era Precámbrica (hace unos 700 millones de años -m.a.-), pero sólo hasta el periodo Cámbrico (hace 570 m.a.) en la Era Paleozoica se dio la gran radiación de los animales.

Los vertebrados como tal, solo comenzaron a aparecer en el Eón Fanerozoico (hace 570 m.a.), más exactamente en la Era Paleozoica (*Gr., paleo*: antiguo; *zoo*: animal), una de las tres eras de este eón; las otras dos eras son la Mesozoica (*Gr., meso*: medio) y la Cenozoica (*Gr., cen*: reciente). Las eras son divididas en periodos y los periodos en épocas. De manera general, la evolución de los animales ha sido gradual, a través de los distintos momentos o tiempos geológicos (tabla 2).

Tabla 2. Subdivisiones del tiempo geológico y sucesos. Edad (duración) en millones de años.

Edad (duración)	Era	Periodo	Época	Suceso
65 (65)	Cenozoica 65 (65)	Cuaternario 2.5 (2.5)	Holoceno 0.005 (0.005)	
			Pleistoceno 2.5 (2.5)	Humanos modernos (<i>Homo</i>).
		Terciario 65 (62.5)	Plioceno 7 (4.5)	Primeros homínidos bípedos. Grandes carnívoros.
			Mioceno 26 (19)	Monos del viejo mundo. Mamíferos herbívoros.
			Oligoceno 38 (12)	Monos del viejo mundo.
			Eoceno 54 (16)	Primeros caballos, ballenas, murciélagos, monos.
			Paleoceno 65 (11)	Radiación de placentarios.
225 (160)	Mesozoica 225 (160)	Cretáceo 136 (71)		Diversidad de marsupiales. Primates (origen y diversificación)
		Jurásico 190 (54)		Mamíferos primitivos: monotremas y primeros terios (marsupiales). Plantas con flores.
		Triásico 225 (35)		Aparición de las aves.
570 (345)	Paleozoica 570 (345)	Pérmico 280 (55)		Edad de los reptiles. Finales: evolución de mamíferos.
		Carbonífero 345 (65)	Pensilvaniano	Pelicosaurios (extintos). Radiación de los reptiles.
			Mississippiano	Edad de los anfibios. Tiburones.
		Devónico 395 (50)		
		Silúrico 430 (35)		Edad de los peces. Primeros anfibios.
		Ordovícico 500 (70)		Aparecen peces placodermos (extintos) y peces acantopterigios. Crossópterigios.
		Cámbrico 570 (70)		Radiación de peces. Primeras plantas terrestres.
				A finales aparecen peces ostracódermos (extintos).

Deriva continental

La teoría de la deriva continental no es nueva, ya que fue propuesta en 1912 por el meteorólogo Alemán Alfred Wegener, pero ésta sólo fue aceptada recientemente gracias a la teoría de la **tectónica de placas**. Esta teoría no fue aceptada en sus inicios debido a que en esa época no se consideraba que existieran fuerzas tan enormes para mover continentes. La aceptación de la teoría de Wegener ha explicado mucho sobre la actual distribución de los animales.

La teoría de Wegener dice: “que los continentes del planeta tierra se han movido como balsas sobre el océano, luego de un proceso de rompimiento de una única masa de tierra denominada Pangea (= “toda la tierra”). Tal rompimiento, según los datos existentes sucedió aproximadamente unos 200 m.a. atrás (antes del Mesozoico).

No obstante, también existen evidencias que Pangea no fue inicialmente la supermasa continental, de la cual surgieron los actuales continentes, sino que en los inicios del Paleozoico existieron seis grandes continentes, todos situados principalmente en las latitudes ecuatoriales (Fig. 4):

- Báltica:** Rusia al oeste de los montes Urales y la mayor parte del norte de Europa.
- China:** China, Indochina y península malaya.
- Gondwana:** África, Antártida, Australia, Florida, India, Madagascar y regiones del medio oriente y el sur de Europa.
- Kazakhstania:** un continente triangular centrado en Kazakhstan.
- Laurentia:** mayor parte de la Norteamérica actual, Groenlandia, noroeste de Islandia, Escocia y parte del Este de Rusia.
- Siberia:** Rusia al Este de los montes Urales y Asia al norte de Kazakhstan y al sur de Mongolia.

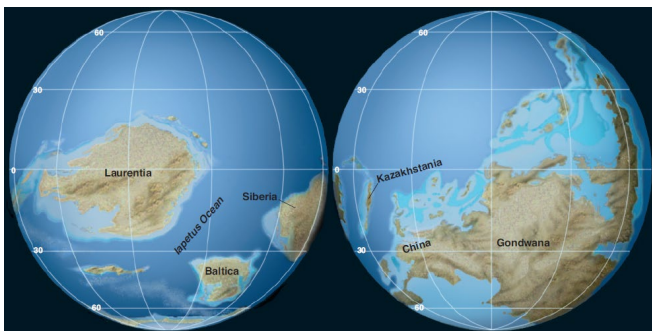


Figura 4. Posición de los antiguos continentes en el periodo Cámbrico tardío (523-505 m. a.), previo a la formación de Pangea (Wicander & Monroe 2015).

Durante los periodos Ordovícico y Silúrico (en el Paleozoico), se dio un movimiento de placas que originaron grandes cambios en la geografía mundial:

- *Periodo Ordovícico* (hace 500 m.a.): movimiento de Gondwana hacia el sur y cruzando el polo sur (Fig. 5).
- *Periodo Silúrico* (hace 430 m.a.): Báltica se desplazo hacia el noroeste con relación a Laurentia y chocó con ésta para formar una nueva masa llamada Laurasia.
- *Finales del Silúrico y Devónico* (hace 395 m.a.): Siberia y Kazakhstania se movieron hacia el norte (Fig. 6).

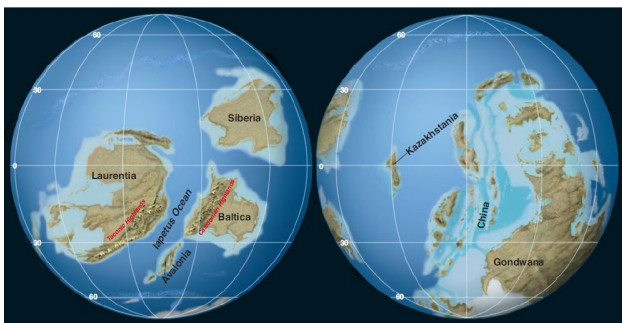


Figura 5. Movimiento de los antiguos continentes en el periodo Ordovícico tardío (448-438 m. a.) de la Era Paleozoica (Wicander & Monroe 2015).

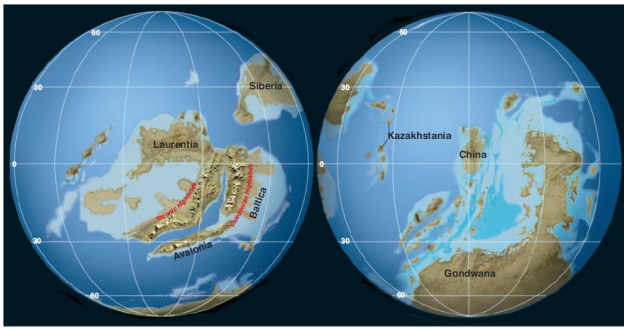


Figura 6. Movimiento de los antiguos continentes en el periodo Devónico medio (380-374 m. a.) de la Era Paleozoica (Wicander & Monroe 2015).

- Carbonífero (hace 359 m.a.): Gondwana meridional (latitud ecuatorial) se movió hacia el polo sur, dando como resultado una extensa glaciación continental (Fig. 7-8).

Otra parte de Gondwana se movió hacia el norte, chocando contra Laurasia (en el Carbonífero temprano) y se suturan. Siberia choca contra Kazakhstan y se desplazan hacia la margen de los Urales de Laurasia.



Figura 7. Movimiento de los antiguos continentes en el periodo Carbonífero temprano (359-331 m. a.) de la Era Paleozoica (Wicander & Monroe 2015).



Figura 8. Movimiento de los antiguos continentes en el periodo Carbonífero tardío (331-299 m. a.) de la Era Paleozoica (Wicander & Monroe 2015).

- Pérmico (hace 280 m.a.): al inicio de este periodo Siberia-Kazakhstan choca con Laurasia (Fig. 9).

Se da el ensamble de Pangaea y se crea un solo océano llamado **Panthalasia**. Al parecer, este gran continente presentaba condiciones climáticas áridas.



Figura 9. Movimiento de los antiguos continentes a finales del periodo Pérmico (258-253 m. a.) de la Era Paleozoica (Wicander & Monroe 2015).

El rompimiento de Pangaea. Así como la formación de Pangaea influyo en los acontecimientos geológicos y biológicos durante el Paleozoico, el rompimiento de ella también produjo grandes efectos sobre esos acontecimientos. Durante este proceso en el Mesozoico, se presentó una alteración de los regímenes climáticos y oceánicos mundiales, así como también el clima al interior de los nuevos continentes. El rompimiento de Pangaea sucedió en cuatro grandes etapas:

- 1) Formación de una abertura o separación entre Laurasia y Gondwana (en el Triásico tardío), más o menos en la línea ecuatorial. El Océano Atlántico se expandió separando Norteamérica de África. Después sucedió un rompimiento (entre el Triásico tardío y el Jurásico temprano) entre Norteamérica y Suramérica (Fig. 10).



Figura 10. Escisión temprana de Pangaea en el periodo Triásico (245-208 m. a.) de la Era Mesozoica (Wicander & Monroe 2015).

- 2) Escisión y movimiento de los diversos continentes en Gondwana: Suramérica, África, India, Australia y Antártida durante el Triásico tardío y Jurásico. India se separo de los otros cuatro continentes y migro hacia el norte (Fig. 11).

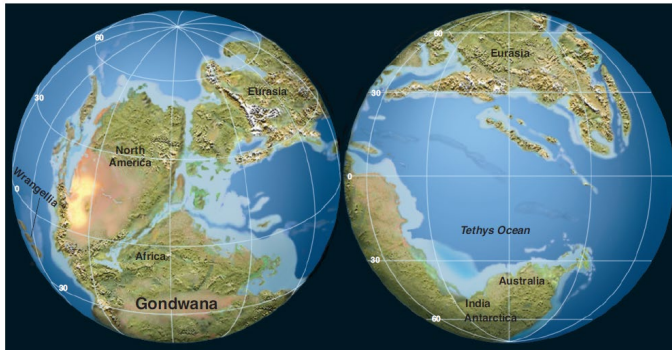


Figura 11. Movimiento de los diversos continentes que constituían Pangaea en el periodo Jurásico (208-144 m. a.) de la Era Mesozoica (Wicander & Monroe 2015).

- 3) Separación de Suramérica y África en el Jurásico tardío. Durante esta etapa, el extremo oriental del mar de Tethys (entre Laurasia y África) empezó a cerrarse debido a la rotación dextrógira de Laurasia y al movimiento de África hacia el norte. Lo anterior forma el mar Mediterráneo durante el Jurásico tardío y el Cretáceo.
- 4) A finales del Cretáceo, Australia y Antártida se habían separado. La India había llegado casi a la mitad de la zona ecuatorial. Suramérica y África estaban bien separadas. Groenlandia separada de Europa y por una ruptura, Groenlandia se separo de Norteamérica. Formando así una nueva masa terrestre aislada (Fig. 12).

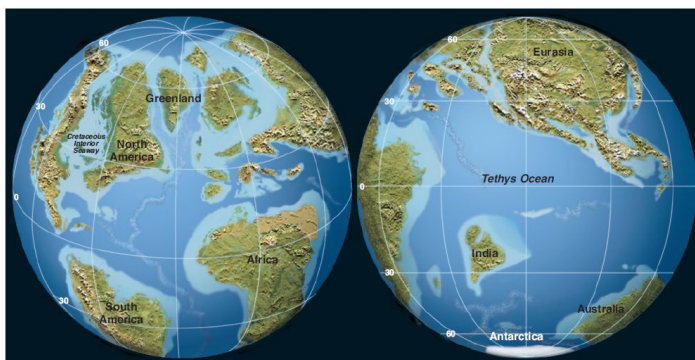


Figura 12. Situación pre-actual de los continentes en el periodo Cretácico (144-66 m. a.) de la Era Mesozoica (Wicander & Monroe 2015).

Pruebas de la deriva continental

1. Ajuste geométrico de los contornos continentales por debajo del nivel del mar, en la plataforma continental.
2. Edad, estructura y supuestos movimientos de las rocas.
3. Datos paleomagnéticos.
4. Datos sobre las corrientes de convección en el manto terrestre.
5. Depósitos dispersos de un glaciar continental en el Paleozoico tardío de África, Suramérica, India y Australia.
6. Distribución de vertebrados en el pasado y en el presente:

➔ Marsupiales y su distribución muestran como los influencio la deriva continental.

- a. Marsupiales aparecieron en el Cretáceo medio (hace 100 m.a.) en Suramérica.
- b. Debido a que Suramérica estuvo conectada a Australia a través de la Antártida (en ese tiempo fue una región cálida), los marsupiales se dispersaron a través de estos tres continentes. Ellos también se movieron hacia Norteamérica, pero allí se encontraron con los placentarios, ya bien establecidos que habían venido de Asia a través del Estrecho de Bering. Eso no permitió que los marsupiales fueran exitosos porque no había nichos disponibles y se extinguieron. El hecho que actualmente existan zarigüeyas en Estados Unidos como *Didelphis virginiana*, es porque ocurrió mucho tiempo después una migración desde Suramérica hacia Norteamérica a través del Istmo de Panamá.
- c. Aunque los placentarios luego colonizaron Suramérica, los marsupiales que evolucionaron allí no se extinguieron porque ya estaban plenamente establecidos.
- d. Mientras ocurría la colonización de placentarios a Suramérica, Australia ya se había separado de la Antártida, impidiendo así el ingreso de placentarios al continente australiano (los que actualmente existen es debido a la introducción reciente del hombre).

- ✓ Ya que Australia quedo aislada y no existía una gran competencia por los recursos y muchos nichos disponibles, los pocos marsupiales que allí quedaron empezaron a dar origen a nuevas clases de marsupiales ocupando todos los espacios disponibles y convirtiéndose en su fauna típica.

Bibliografía

- Cocroft, R.B. & Ryan, M.J. 1995. Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. *Anim. Behav.* 49: 283-303.
- Hickman, C.P., Jr., Keen, S.L., Eisenhour, D.J., Larson, A. & I'Anson, H. 2017. Integrated principles of zoology. Seventeenth edition. McGraw Hill, New York. 834 pp.
- Peralta-García, A., Leavitt, D.H., Hollingsworth, B.D. & Reeder, T.W. 2016. The phylogenetic position of the little Mexican toad, *Anaxyrus kelloggi*, using molecular data. *J. Herpetol.* 50: 471-475.
- Pough, F.H. & Janis, C.M. 2019. Vertebrate life. Tenth edition. Oxford University Press, New Jersey. 552 pp. + appendages.
- Wicander, R. & Monroe, J.S. 2015. Historical geology: evolution of earth and life through time. Eighth edition. Cengage Learning, Boston, MA, USA. 434 pp.