

La Distribución y Evolución de los Organismos a través del Registro Fósil.*

F. Raúl Gío-Argáez, ** Beatriz Hurtado G, *** y
Ma. Alejandra Guerrero-Herrejón. **

La palabra Paleontología está compuesta por tres raíces griegas; *palaios* = antiguo, *ontos* = ser y *logos* = tratado, que en conjunto forman el concepto acuñado por Ducrota y de Blainville en 1825 y que fue introducido a la literatura geológica por Fischer Von Waldheil en 1834. La paleontología, se define como una disciplina que se ocupa de estudiar a los organismos que vivieron en épocas pasadas y que están representados por los fósiles, a los que analiza en detalle y busca una interpretación lógica, ante las diversas particularidades que los caracterizan, considerando los ambientes en los cuales se encontraron, además de su ordenamiento en el tiempo. Para integrar todo este conocimiento, intenta construir mediante el análisis de los restos orgánicos, así como de sus trazas, la historia de la vida en la Tierra.

En el pasado se pensó que los fósiles eran amuletos o pruebas del diluvio, en la actualidad son parte sustancial para reconstruir la historia de la vida terrestre, por sí mismos, los fósiles proveen la información de cuándo, dónde y cómo es que vivieron los organismos, son útiles como indicadores climáticos y se usan como herramienta económica ya que son buenos indicadores para localizar energéticos de uso frecuente por el hombre como el carbón, el petróleo y el gas.

Se consideran de gran importancia, puesto que con ellos se puede seguir el desarrollo y evolución de las plantas y animales a través del tiempo. Esto sucede cuando se observa que los fósiles contenidos en las rocas más antiguas presentan características

más sencillas o simples, comparadas con los restos que presentan una mayor complejidad y que están contenidos en rocas más jóvenes.

El registro fósil ha sido usado como prueba de los cambios de algunos patrones, como son los geográficos, y los evolutivos. En el primer caso para obtener la distribución en el pasado tanto de los océanos, como de los continentes; en cuanto a la evolución se refiere, se observan las características de cada uno de los individuos, lo que nos puede llevar a establecer líneas de parentesco, partiendo de la idea de que los organismos más complejos provienen de los más simples.

Como se aprecia, la Paleontología maneja un sinnúmero de información, por lo que requiere de ayuda para dedicarse a estudiar las particularidades del pasado. Este es el caso del apoyo que recibe de la paleobiología, que es de gran utilidad para comprender mejor a los fósiles así como la biósfera que cambió a través del tiempo; plantea para ellos problemas ecológicos, de distribución, de evolución, etológicos, taxonómicos, de su ubicación en el tiempo, de las causas de extinción, etc; aspectos que son analizados en los seres actuales. Este enfoque se inicia cuando el paleontólogo austriaco Othenio Abel, de 1912 a 1928, publica numerosos libros acerca de los estudios paleobiológicos realizados en ese entonces.

La primordial finalidad para la paleontología, es reconstruir los organismos; tanto sus partes esqueléticas como las orgánicas desaparecidas, reconstruyendo en los seres fosilizados, el aspecto que tuvieron en vida, su comportamiento, lo cual se logra aplicando los principios de actualismo, anatomía comparada y correlación orgánica, (Fig. 1).

En 1859 se publica "El Origen de las Especies"; libro que recopila las investigaciones y pensamientos de Carlos Darwin. En él se explica con todo detalle, la teoría de la selección natural, trata las objeciones

* Este trabajo se presentó en el XII Congreso Nacional de Zoología, en la Ciudad de Morelia, Mich.

** Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Apartado Postal 70-305, Universidad Nacional Autónoma de México, México 04510, D.F.

*** Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México 04510, D.F.

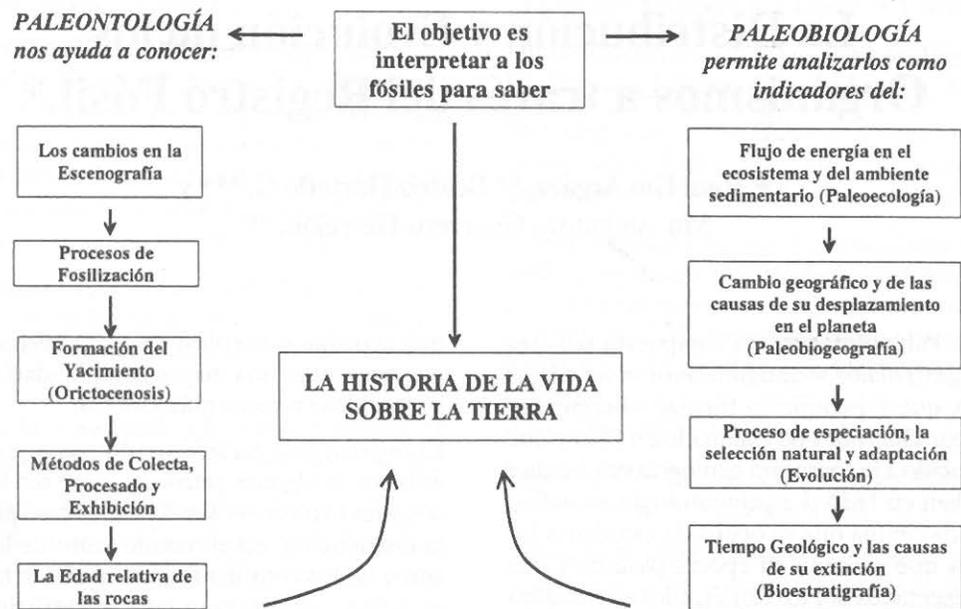


Figura 1. Diferencias entre Paleontología y Paleobiología.

acerca de la teoría y en los últimos capítulos se exponen las pruebas paleontológicas y biológicas de la evolución.

Los fósiles, a pesar de que Darwin solo los menciona en la parte final de su libro, son el material fundamental para el desarrollo de la paleontología, ya que se estudian como indicadores del flujo de energía en un ecosistema, del ambiente sedimentario, del cambio geográfico, de las causas de su desplazamiento en el planeta; de adaptación, especiación, del tiempo geológico y de las causas de su extinción, aspectos que en conjunto son considerados para plantear la Teoría de la Evolución.

La distribución.

Los organismos tienen una distribución en el espacio que se ve afectada en la mayoría de las ocasiones por factores ambientales (físicos, químicos y biológicos), que se relacionan con los procesos y la historia de la Tierra, particularmente con la tectónica de placas y una de sus consecuencias: la deriva de los continentes.

La tectónica de placas es una teoría unificadora, que propusieron en 1968 W. J. Morgan y X. Le Pichon. Considera que la superficie está dividida en un

número de placas rígidas que colindan entre sí en dorsales mesoceánicas, trincheras oceánicas, fallas y cadenas montañosas. Trata de explicar los fenómenos geológicos que ocurren en la Tierra, tales como fallamientos, plegamientos, orogénias, terremotos, vulcanismo, expansión del suelo oceánico, deriva de los continentes, etc.

Éste último proceso geodinámico es considerado una teoría, que en 1912 Wegener, propuso por primera vez y se refiere al movimiento de los continentes entre sí; esto implica que la corteza terrestre ha tenido movimientos desde hace millones de años, que se mueve como una unidad y que el movimiento de una de sus placas afecta al resto por contacto directo o indirecto. Estos movimientos afectaron directamente la existencia, distribución, abundancia y extinción de los organismos de una determinada zona.

Desde que aparecen las primeras formas de vida, estas han ocupado determinada extensión geográfica dependiendo de sus características morfo-fisiológicas.

Los factores físicos afectan la presencia o ausencia de los organismos en un determinado tiempo y espacio. La luz, humedad, presión o temperatura, son factores que varían unos independientes de otros

o interactúan entre sí, considerando las variaciones latitudinales y longitudinales, así como la profundidad y altitud del lugar en que se ubiquen.

Como se menciona, la distribución de los organismos está en función de su historia geológica y particularmente de aquellos parámetros ambientales que constituyeron en su momento algún tipo de barrera. Lo más importante en términos de geología histórica se refiere a los fenómenos acerca de la posición temporal de las tierras emergidas y los mares, así como el movimiento de las placas.

La importancia de la aparición o la desaparición de las barreras, puede quedar reflejada con los siguientes hechos:

- 1) Si aparece una barrera, lo que hace es dividir un área separando las biotas, las cuales divergen y originan nuevos grupos que se distribuyen de diferente manera a la progenitora.
- 2) Si desaparecen las barreras, los organismos e incluso poblaciones completas, pueden competir por el hábitat y el nicho, sin embargo, mecanismos como el de selección natural, serán los que actúen, determinando así la estancia o no de los seres en cuestión.

Para que las ideas, principios y teorías acerca de la evolución de los organismos sean válidas, deben considerarse todo tipo de datos objetivos, así como inferencias lógicas y razonables que resulten del análisis y estudio de las características generales o muy particulares de los organismos vivos o fosilizados. Esto, con el objeto de hacer más fácil la tarea de entender, desde el precámbrico hasta el presente, que es lo que ha pasado o qué está pasando con los individuos o con toda una población, de una o varias especies.

La evolución

La Teoría de la Evolución no es una teoría terminada, ya que se ha ido enriqueciendo a la luz de nuevos datos e interpretaciones que surgen del estudio del pasado y del presente.

Una cantidad indefinible de datos han derivado del registro fósil y de la información fragmentaria que éste puede ofrecer, y sin ellos no sería posible interpretar la evolución orgánica a gran escala.

El registro fósil se considera una fuente de documentación, que lleva a los investigadores a estudiar,

interpretar y demostrar aspectos que son importantes para el proceso evolutivo. Dicho registro ha aportado la siguiente información para comprender algunas de las ideas planteadas acerca de la evolución.

- a) ayuda a establecer las relaciones filogenéticas entre los grupos taxonómicos mayores; b) los tiempos de aparición de las adaptaciones; c) las velocidades; d) las tendencias y e) las pautas evolutivas.

Relacionar organismos, es una tarea que requiere conocer detalladamente la biología de estos, así como el registro fósil. Los análisis se hacen más precisos cuando el trabajo taxonómico es eficiente, de tal modo que pueden elaborarse árboles filogenéticos, los cuales plasman teóricamente la historia evolutiva entre los grupos que existieron y los que actualmente encontramos.

Por lo que se refiere al tiempo en que aparecen las adaptaciones, en conjunto se puede hacer una reconstrucción espacio-temporal, analizando cuales fueron los cambios que se fueron dando, y si estos fueron independientes o como resultado de alguna interacción.

Para establecer tiempos, se requiere conocer si se trata de una, dos o más líneas evolutivas cercanamente emparentadas.

La velocidad evolutiva puede obtenerse a partir de los datos que ofrecen los fósiles. Los criterios utilizados se basan en criterios morfológicos y taxonómicos. Cabe aclarar que las velocidades no son absolutas, dados los tiempos tan cortos que se conocen.

La velocidad a la que más recurren los evolucionistas, es la que mide la frecuencia taxonómica, que refleja la velocidad de aparición de nuevos taxa.

Es posible determinar cual es la tendencia o dirección de un cambio adaptativo dentro de una línea evolutiva y ello se obtiene como resultado de la observación e interpretación del registro fósil aún cuando este sea fragmentario. En el siglo XIX el paleontólogo de vertebrados E.D. Cope, estableció una regla, que plantea que en el curso de la Filogenia, los grupos taxonómicos tienden a evolucionar hacia un tamaño mayor y aunque esto no es una tendencia universal, está ampliamente extendida.

Las pautas se pueden determinar comparando la velocidad o tendencia de dos o más líneas evolutivas.

El estudio del registro fósil y su interpretación, lleva a definir diferentes tipos de pautas como el cambio que aumenta las diferencias entre dos o más líneas evolutivas provenientes de un ancestro común (divergencia), o la diversificación que se puede dar por especiación geográfica o de la división de una línea única en dos o más líneas. A gran escala, tanto la divergencia como la diversificación, conducen a la radiación adaptativa, la cual se da después de una ruptura evolutiva o una nueva adaptación, y dependiendo del organismo, se pueden interpretar posibles desplazamientos o reemplazamientos ecológicos.

Otras pautas se pueden determinar, si se observa que durante la evolución de dos grupos que no guardan ninguna relación, aparece una gran semejanza morfológica en el momento en que poseen comportamientos parecidos (convergencia) o si se tienen dos grupos íntimamente relacionados y con pocas diferencias morfológicas, que con el tiempo dan lugar a una serie de cambios evolutivos parecidos (paralelismo).

Finalmente, cuando los organismos se enfrentan a condiciones desfavorables y no pueden responder, se extinguen las líneas evolutivas.

Todo esto nos da un panorama integral de la manera en que se puede analizar aspectos de la evolución orgánica y de la sucesión de los ecosistemas en el tiempo.

Relación entre distribución y evolución orgánica

Una consecuencia directa de la tectónica de placas y la deriva de los continentes, a través del tiempo, es la variación de los factores ambientales, a nivel general y en condiciones particulares, lo cual ha repercutido en la forma de vida de los organismos.

La variación del gradiente de temperatura debido a la proporción de tierras emergidas, así como el cambio en la posición de los continentes, el surgimiento o desaparición de los mares, la variación del relieve tanto en forma y tamaño; en conjunto generó cambios en la estacionalidad del clima, en los patrones de lluvia, de corrientes marinas, de viento, glaciaciones, etc.

Todo lo anterior se reflejó en la distribución y evolución de los seres vivos al enfrentarse a nuevas condiciones ambientales, algunos tuvieron que cambiar de territorio o se separaron y se aislaron, o

bien fueron transportados por los mismos continentes a la deriva.

En la actualidad son reconocidas de manera básica tres tipos de rutas de dispersión: 1) corredores; 2) puentes filtro y 3) rutas por azar.

Considerando la ruta de dispersión que ocurra y las condiciones a las que se enfrenten los organismos serán los mecanismos evolutivos que actúen, ya sea convergencia, divergencia, radiación adaptativa y extinción.

Por ejemplo: al aparecer una barrera, los organismos pueden quedar separados y cada uno tenderá a adaptarse de manera diferente. Algunos pueden radiar y otros quedar aislados; y cada uno de ellos a su vez, participarán de diferente modo en el ecosistema, ya sea convergiendo, desplazando o reemplazando a los organismos ya existentes.

De esta manera, al producirse un cambio global en la Tierra, éste afecta directamente la evolución de la vida. (fig. 2).

A través del tiempo la diversidad y abundancia de los organismos o de las comunidades en sí, no se ha restringido a una sola condición, pues las interacciones difieren o se asemejan intra o interespecíficamente.

Hoy día y a la luz de las evidencias paleontológicas se sabe que al variar la proporción de tierras emergidas, así como su posición con respecto al ecuador, la apertura o cierre de los diferentes cuerpos de agua, el cambio en el gradiente de temperatura, luz y humedad como consecuencia de la elevación del relieve terrestre, trajo un cambio global gradual en el clima, que ha fluctuado de uniforme a estacional afectando directamente la vida terrestre.

Pruebas del registro fósil

Uno de los ejemplos más representativos sobre la distribución de los organismos, tanto en el pasado como en el presente, relacionada con su historia paleogeográfica; es la observada durante el Mesozoico (periodo importante para la paleobiogeografía de la flora y fauna) en el Hemisferio Sur, en una porción de tierra conocida como Gondwana.

Los mecanismos de dispersión de organismos terrestres como los mamíferos del Mesozoico, fueron

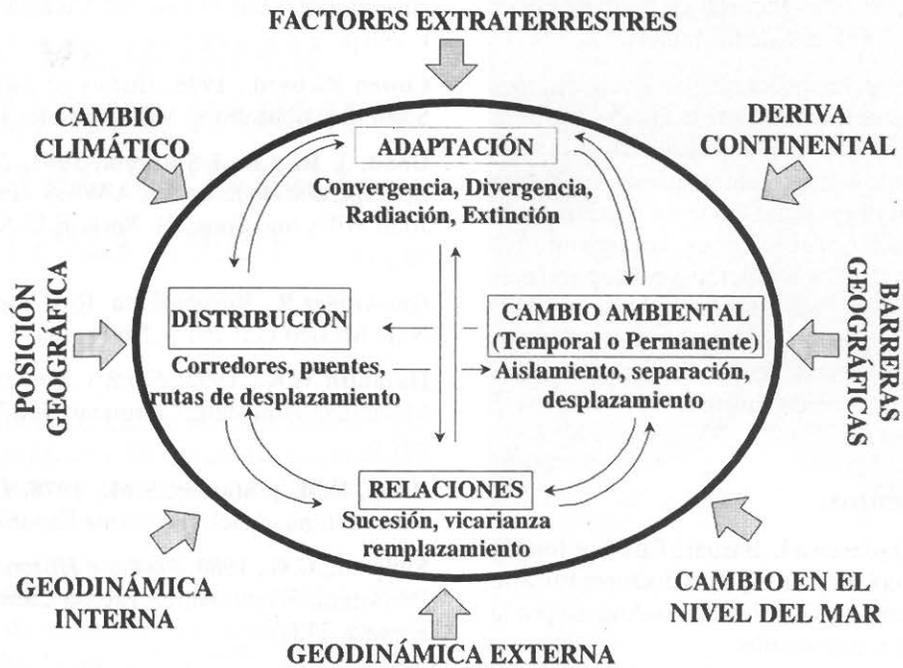


Figura 2. Relaciones de la biota fósil con su entorno.

favorecidos y/o impedidos por las rutas o barreras que en ese entonces se establecieron, como producto de la deriva de los continentes. Para los mamíferos las barreras más importantes fueron los grandes cuerpos de agua, esto trajo como consecuencia el desarrollo de una fauna y una flora muy distinta para cada masa continental, producto de los acontecimientos paleogeográficos de esa época.

Un caso clásico se representa cuando las vastas masas continentales de Australia y Sudamérica (continentes islas), quedan aisladas y rodeadas por grandes masas de agua que constituyen por sí solas barreras. Lo anterior hizo que las faunas que ahí se desarrollaban radiaran, pero en condiciones de aislamiento casi total y de manera independientemente a las radiaciones que se desarrollaban en otros sitios.

En cada continente e isla tuvo lugar una radiación independiente de la otra, además de una emisión compleja con constantes dispersiones hacia África, Eurasia y América del Norte.

Es un hecho curioso que a pesar de las condiciones tan particulares que prevalecieron en las distintas regiones, los mamíferos llegaron a desempeñar papeles ecológicos similares tanto en Australia y Sudamérica, así como en el resto de los continentes.

Estos eventos llevan a pensar que hubo una amplia evolución de formas vicariantes funcionalmente similares, pero con una relación filogenética distante.

Basándose en los estudios realizados, se sabe que tanto en Australia como en América del Sur, líneas enteras de marsupiales convergentes con mamíferos placentados de otros continentes ya se extinguieron, lo cual, refleja el efecto de la evolución en el Orbe.

Ahora bien, cuando estos mismos eventos paleogeográficos ponen en contacto a las faunas duplicadas esta duplicidad se elimina, ya sea que uno de estos grupos lo desplace o reemplace, pero como quiera que sea uno de ellos quedará fuera del camino. Esto mismo fue lo que sucedió cuando surgió un puente de contacto entre América del Norte y América del Sur, lo que permitió que los lobos marsupiales fueran eliminados por los lobos placentados.

La propagación de la fauna de una región a otra constituye el fenómeno más importante de la Biogeografía Histórica. Este mecanismo – establecimiento de rutas – así como el de barreras, determina cambios en la dispersión o aislamiento y puede decirse que al ser promovidos ambos se están

llevando a cabo eventos geográficos fundamentales para la historia evolutiva de las faunas.

Como ya sabemos, los fósiles reflejan las condiciones de vida que imperaron en otras épocas y con la información que guardan, se pueden hacer reconstrucciones de vida y de ambientes, que son realmente importantes en el presente y que en muchos casos sirven para hacer predicciones. Integrando los conocimientos, se logra tener una concepción más clara del papel de la evolución en la vida de los organismos y del planeta, así como de los fenómenos que dieron como resultado, las diversas formas de vida, o la extinción de las mismas.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a L. Bárbara Cuesta e Imelda Hernández su colaboración y a los doctores Eucario López-Ochoterena y Gustavo Casas-Andreu por la revisión crítica a este escrito.

Literatura recomendada

Boucot, J.A. y J. Gray., 1981. *Historical Biogeography, Plate Tectonics and the Changing Enviroments*. 37th annual Biology Colloquium and Selected Papers. 499 p.

Contreras A., Cota E., García P., González C., Montellano M., Quiroz S., Rivera S., Sour F., 1997.

Paleontología. Las Prensas de Ciencias. México D. F. 246 p.

Cowen Richard., 1995. *History of Life*. Blackwell Scientific Publications. Massachusetts, U.S.A. 462 p.

Dodd, J. R. y R. J Stanton., 1981. *Paleoecology, Concepts and Applications*. A Wiley – Intercien Pub. John Wiley and Sons., N. York, E.U.A 559 p. Cap. 10 y 11.

Gío-Argáez R., *Paleobiología*. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat., México D.F. 161 p. En Prensa

Hamblin W.K., 1992. *Earth's Dynamic Systems*. Macmillan Publishing Company. New York, U.S.A. 647 p.

Raup, D.M. y Stanley, S.M., 1978. *Principios de Paleontología*. Ariel. Barcelona España. 456 p.

Simpson, G.G., 1985. *Fósiles e Historia de la Vida*. Biblioteca. Scient. Amer. Prensa Científica. Labor España. 240 p.

Skinner, B.J. and Porter, S.C., 1987. *Physical Geology*. John Wiley & Sons. Toronto, Canadá. 750 pp.

Stanley Steven M., 1989. *Earth and Life Through Time*. W. H. Freeman and Company. New York, U.S.A. 689 p.

Tarbuck E.J and Lutengs F.K., 1993. *Earth. An Introduction to Physical Geology*. Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. 605 p.