

Las ideas biogeográficas de Alfred Lothar Wegener

The biogeographical ideas of Alfred Lothar Wegener

CARLOS PÉREZ-MALVÁEZ¹, ALFREDO BUENO-HERNÁNDEZ¹ Y ROSAURA RUIZ-GUTIÉRREZ²

¹ Museo de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México, Campo II, Batalla 5 de Mayo s/h Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa, 09230. México, D.F. E-mails: malvaez@unam.mx, abueno@unam.mx.

² Facultad de Ciencias de la UNAM, México. E-mail: rosaura@unam.mx

Resumen Las evidencias que presenta Alfred Lothar Wegener en su libro *El Origen de los Continentes y los Océanos* y en particular en su capítulo sobre los *Argumentos Paleontológicos y Biológicos*, representa una importante contribución a la Biogeografía. Wegener recurrió a una gran cantidad de trabajos de los paleontólogos de la época, los cuales postulaban puentes terrestres hipotéticos para explicar la distribución geográfica de diversos grupos de organismos, sin embargo, otros investigadores prefirieron adherirse al modelo movillista de Wegener. Así como la distribución geográfica de los organismos fue una evidencia significativa a favor de la teoría evolutiva, también sirvió para apoyar la teoría de la deriva continental.

Palabras clave: Deriva continental, puentes hipotéticos, biogeografía.

Abstract *The evidence presented by Alfred Lothar Wegener in The origin of continents and oceans and particularly his chapter on The paleontological and biological arguments represents a very important contribution to biogeography. Wegener based his work on the palaeontological research of his time, which postulated hypothetical land bridges to explain the geographical distribution of many different taxa. However, other researchers adopted his mobilist model. Organic distribution was the hard evidence that supported the evolutionary theory. Similarly, it also supported the continental drift theory.*

Keywords: *Drift continental, hypothetical bridges, biogeography.*

INTRODUCCIÓN

A Alfred Lothar Wegener (1880-1930) se le recuerda no por su trabajo sobre los climas, sino por haber sido el primer defensor de la teoría de la deriva continental. Fue exponente de una tradición alemana de geofísica dentro de la cual no existía frontera nítida entre el estudio de la Tierra y su atmósfera (Bowler, 2000).

En 1910 un compañero de oficina de Wegener recibió un Atlas del Mundo como regalo de Navidad y Wegener le escribió a su esposa que había quedado impresionado por la congruencia de las costas del Atlántico de Suramérica y las de África, como si antes fueran continuas (Pérez-Malvárez y Ruiz, 2001). Wegener concibió así su teoría en 1910, cuando observó la relación entre las costas de África y Suramérica y de inmediato acudió a la literatura geológica en busca de argumentos que respaldaran su idea. Dos años después empezó a dar conferencias sobre el tema y en 1915 apareció su libro *El Origen de los continentes y océanos* que

exponía un resumen de todas las pruebas acumuladas contra la vieja teoría de la formación de montañas y luego defendía la alternativa de la deriva (Bowler y Morus, 2005).

La Paleontología, la Zoogeografía y la Fitogeografía proporcionan una contribución muy importante para esclarecer las condiciones en que se encontraba la Tierra en tiempos pasados. Era más bien en la Geofísica donde se podía perder el camino si no se tenían en cuenta los resultados aportados por estas ramas de la ciencia (Wegener, 2009: 199).

WEGENER Y LA BIOGEOGRAFÍA

En 1911 Wegener encontró un reporte sinóptico de Theodor Arltdt, con evidencia paleontológica a favor de una posible conexión entre Brasil y África, lo que implicó ahondar sobre una revisión ya no sólo paleontológica, sino también geológica, sobre una unión anterior a través del Atlántico (Pérez-Malvárez, et. al., 1997).

Uno de los principales argumentos de la teoría de Wegener se basaba en los datos paleobiogeográficos. Desde mediados del siglo XIX los naturalistas se plantearon descifrar el origen de la distribución de los seres vivos en el globo terráqueo. Con este objetivo, el estudio científico de archipiélagos e islas y de su posible conexión en pasadas épocas geológicas con los continentes próximos fue abordado con especial interés en las décadas centrales del siglo XIX. El conocimiento de las floras y faunas actuales y fósiles proporcionaron valiosos testimonios sobre el origen de la biodiversidad y de las antiguas relaciones paleobiogeográficas (Pelayo, 2009).

En la segunda mitad del siglo XIX, los biogeógrafos tuvieron el objetivo común de elaborar una visión integrada del mundo. La fría descripción de los hechos requería ser interpretada. El conocimiento empírico disperso, producto de las travesías patrocinadas por los estados europeos, fue racionalizado por los naturalistas para redistribuirlo a sus contemporáneos en la forma concreta de mapas de regiones biogeográficas, los cuales representaban patrones, que a su vez implican causalidad. La distribución geográfica de la vida fue una de las líneas clásicas de evidencia en los estudios de evolución (Bueno-Hernández y Pérez-Malvárez, 2006).

De acuerdo con García Cruz (2003), cuando se inició la andadura de la teoría de la deriva continental, en las primeras décadas del siglo XIX, la situación de la Geología, en comparación con las otras ciencias de la naturaleza, era tremendamente compleja. Desde el punto de vista epistemológico, en los cincuenta años anteriores se habían producido revoluciones de corte kuhniano con la implantación de nuevos paradigmas. Estos cambios afectaron esencialmente a la Biología, con el desarrollo de la teoría de la evolución. En este sentido, para Ayala (2011) la teoría de la evolución biológica es el concepto central que organiza la biología. La evolución explica científicamente por qué hay tantas clases de organismos diferentes y da cuenta de las semejanzas y diferencias entre ellos. Explica el surgimiento de los seres humanos en la tierra y revela las conexiones biológicas con otros seres vivos.

Las investigaciones biogeográficas de Darwin en el viaje del *Beagle* le hicieron adoptar una concepción evolucionista de la manera como las especies se adaptan a los cambios que ocurren en sus medios. *El Origen de las Especies* se publicó en 1859, precipitando un debate que condujo a la mayoría de los científicos a adoptar una perspectiva evolucionista aproximadamente en el curso de una década (Bowler, 2000).

La historia de las revolucionarias ideas de Darwin comenzó básicamente en el viaje que realizó entre 1831 y 1836 alrededor del mundo a bordo del *Beagle*, lo que le permitió tomar notas y datos, así como hacer una reflexión sobre diversos aspectos del mundo natural (Noguera y Ruiz, 2010). Cuando regresó del viaje preparó sus notas para publicarlas pero al hacerlo encontró información que le llevó a

transformar sus ideas sobre el origen de las especies. Algunos de los datos más importantes fueron la existencia de fósiles de organismos extintos muy parecidos a las especies actuales como, por ejemplo, fósiles de armadillos similares en forma pero diferentes en tamaño a los armadillos actuales, o como *Macrauchenia*, un gran mamífero parecido a la llama actual pero de mucho mayor tamaño al que Richard Owen consideró como un camélido. Darwin se preguntaba si no había acaso alguna relación de parentesco entre aquellas formas extintas y las actuales. Asimismo encontró información con respecto de la distribución geográfica de los organismos, como la referente a los sinsontes del género *Nesomimus*, que en realidad fue lo que motivó a Darwin para la construcción de su teoría y no los pinzones como se ha popularizado, ya que encontró que las diversas islas tenían una o dos especies diferentes por lo que se preguntaba si podrían acaso todas estas especies descender de un ancestro común.

Los biogeógrafos estuvieron en mejor posición para apreciar el valor de los nuevos datos y pruebas aportados por Darwin para fundamentar la evolución por adaptación y en consecuencia para adoptar un “darwinismo” genuino. El botánico de Harvard, Asa Gray (1810-1888), quien estudió la distribución de las plantas estadounidenses, encabezó la defensa de la teoría en los Estados Unidos. Alfred Russel Wallace hizo notables contribuciones a la biogeografía dentro de un marco evolutivo. Los biogeógrafos pudieron ver que la evolución debía ser un proceso imprescindible que dependía de los azares de la migración y de las posibilidades de adaptación de las poblaciones dispersadas en medios extraños (Bowler, 2000).

El objetivo principal de la biogeografía es la descripción y el análisis, en términos causales, de la distribución de los seres vivos, tanto en su dimensión actual como en el transcurso histórico (Zunino y Zullini, 2003). La Biogeografía es una de las disciplinas centrales de la Biología Comparada y su interés fundamental es encontrar patrones generales en la distribución espacial de los organismos y detectar las causas que los han producido. Se han establecido dos enfoques complementarios en la Biogeografía. El primero es el de la biogeografía histórica, que se aboca al estudio de las causas que han operado en el pasado afectando la distribución orgánica. Este campo se apoya principalmente en la sistemática, las Ciencias de la Tierra y la Paleontología para tratar de explicar los patrones biogeográficos actuales de acuerdo con los cambios que han ocurrido en la geografía, el clima y la distribución de los organismos. El segundo enfoque se conoce como Biogeografía ecológica y se interesa por conocer los factores eco-geográficos que influyen en la actualidad sobre la distribución de los organismos, con frecuencia a una escala local, buscando descubrir patrones tanto en el número como en las características ecológicas de las especies. De esta distinción resulta que la Bio-

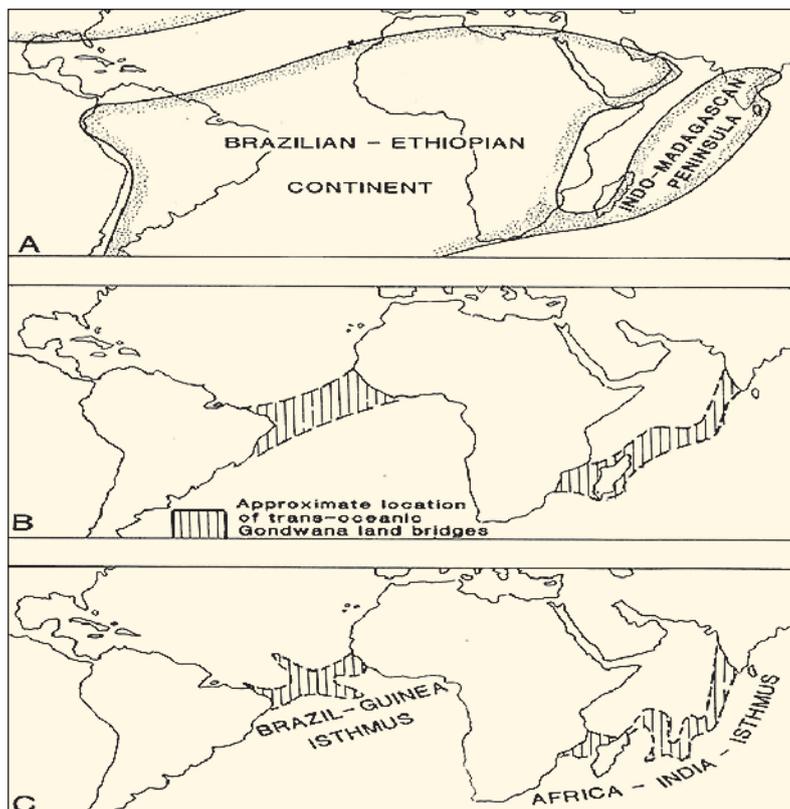
geografía no es una disciplina monolítica sino que incluye diferentes bases conceptuales, métodos y estrategias de investigación, según la escala espacio-temporal de los procesos y patrones biogeográficos que investiguen. Es evidente que existen diferentes objetivos y métodos para analizar los patrones y las causas de la distribución de los organismos dentro de un periodo relativamente corto y un área particular (v. gr., enfoque ecológico), en comparación con los estudios que abarcan una escala geográfica continental o mundial y periodos de tiempo geológicos (v. gr., enfoque histórico, Bueno *et al.*, 1999).

WEGENER Y LOS PUENTES HIPOTÉTICOS

Según Wegener (2009: 199) el biólogo que se ocupe de las cuestiones de la movilidad, deberá tener en cuenta los hechos geológicos y geofísicos para la formación de sus juicios. Hacía esta aclaración porque había percibido que para una gran parte de los biólogos era lo mismo suponer puentes continentales hundidos que el desplazamiento de los continentes para explicar patrones disyuntos, lo cual Wegener consideraba erróneo. Los biólogos deberían estar al tanto de que la corteza terrestre está formada por un material más ligero que el del interior de la Tierra y por tanto, si los fondos oceánicos fueran continentes hundidos que tuvieran el mismo espesor del material continental más ligero, las mediciones de la gravedad en los océanos deberían mostrar el defecto en la fuerza de atracción correspondiente a una capa de rocas de 4 a 5 km de espesor.

Wegener destacó que ya se había comprobado que ese no era el caso, pues se habían obtenido valores de la gravedad normales para los océanos y por tanto, los biólogos deberían ser capaces de deducir que el supuesto hundimiento de los puentes continentales tendría que restringirse a las regiones de plataforma continental e incluso a zonas de mar somero, pero quedaba totalmente excluido cuando se consideraban las grandes cuencas oceánicas. Por ello, debería promoverse la comunicación entre ciencias afines con el propósito de poder lograr que el estudio de la distribución actual y pasada de los organismos sobre la Tierra permitiera conocer con mayor veracidad la historia geológica de la Tierra.

De acuerdo con Hallam (1978), en tiempos de Wegener no había nada nuevo en la idea de que los continentes hubieran sido alternativamente conectados y desconectados por puentes de tierra en el pasado remoto. Los biólogos y paleontólogos del siglo XIX y principios del XX invocaban fácilmente tales conexiones para explicar las fuertes similitudes entre las plantas y animales de distintos continentes (Fig.1). La explicación ortodoxa de estas conexiones era que la posición de los continentes estaba fija pero que puentes de tierra habían salvado las considerables distancias de océano abierto entre ellos. Wegener descart-



aba esta opinión en términos mordaces. La corteza de la Tierra está compuesta de rocas menos densas que el material interior. Si los fondos oceánicos estuvieran pavimentados con los amplios puentes hundidos, compuestos por el mismo espesor de material ligero de la corteza que compone las áreas continentales sobre el nivel del mar, las medidas de gravedad realizadas en el mar deberían revelar este hecho. Las medidas de gravedad indicaban exactamente lo contrario: la roca subyacente a los fondos oceánicos era mucho más densa que el material de la corteza continental. La improbabilidad esencial de los puentes de tierra hundidos también se podía expresar en términos de equilibrio isostático. Si las rocas de la corteza de baja densidad de los desaparecidos puentes hipotéticos hubieran sido forzadas hacia el fondo marino más denso, los puentes tenderían a levantarse de nuevo. Sin embargo, ninguno de los hipotéticos puentes de tierra había reemergido. Por tanto se hacía necesario postular la existencia de alguna fuerza colosal no especificada que mantuviera los puentes sumergidos. La existencia de tal fuerza era totalmente improbable. A menos que de entrada quisiéramos descartar los datos fósiles, el único medio razonable de explicar las similitudes intercontinentales de animales y plantas era la deriva de los propios continentes.

De acuerdo con García Cruz (1998), la gran mayoría de los puentes no habrían sido permanentes sino episódicos. Esto se hacía evidente puesto que ya no existían como tales, a excepción de casos muy concretos en forma de istmos geográficos, como el de Panamá o Bering. Con el tiempo se llamarían *eslabones ístmicos*.

Fig. 1. Conexiones transoceanicas entre América del Sur, África e India. (A) Neumayr (1887), (B) Schuchert y (C) Willis (1932), in: Hallam (1994).

Los geólogos ortodoxos se habían centrado en reconstruir la historia de la Tierra, aunque habían sido cautos al intentar explicar los movimientos de la Tierra en los que se basaban sus teorías para esclarecer fenómenos como la formación de montañas. Fueron los geofísicos los que comenzaron a formularse nuevas preguntas sobre la estructura de la Tierra. Los geólogos ortodoxos no propusieron ninguna alternativa seria, e incluso cuando Wegener ofreció el esbozo de sus primeras ideas, siguieron mostrándose remisos, negándose a admitir la vulnerabilidad de sus propias ideas (Bowler y Morus, 2005).

Wegener (2009: 200) propuso que deberían ser considerados todos los hechos favorables a la teoría de los desplazamientos así como todas aquellas observaciones biológicas que implicaran la existencia de antiguas conexiones terrestres libres de obstáculos a través de las cuencas oceánicas.

De acuerdo con Bowler (2002), los descubrimientos de material fósil continuaron rápidamente a finales del siglo diecinueve, pero los fundamentos teóricos de la paleontología fueron transformados por la llegada del evolucionismo. Durante varias décadas el área más activa de la Biología evolutiva fue el intento de reconstruir el desarrollo de vida en la Tierra usando los fósiles y otras evidencias, aunque este programa alentó un modelo de evolución claramente no Darwiniano acerca de cómo se llevó a cabo el proceso. En el siglo veinte los paleontólogos, ciertamente con un poco de retraso, se adaptaron a la síntesis del Darwinismo y la genética y empezaron a adoptar más activamente la dimensión geográfica, aunque por muchos años se opusieron a la teoría de la deriva continental.

Wegener (2009: 201) consideró muy valiosa la información que proporcionaba la distribución de los organismos en el pasado como apoyo a su teoría sobre la deriva continental. Se dedicó entonces a analizar una serie de casos particulares de distribución biogeográfica, entre ellos las de *Glossopteris* y Mesosaurios, que permitieron establecer la hipótesis de una antigua conexión entre Suramérica y África. Recurrió a E. Stromer (1870-1952), paleontólogo alemán, quién había sugerido la existencia de una antigua y gran extensión de tierra firme que unía a los dos continentes sureños.

Según Bowler (2002), los paleontólogos no estaban en la mejor posición para apreciar los aspectos más originales de la teoría de Darwin. Aunque se reconoció que el desarrollo de la vida incluía la ramificación, lo que ahora se conoce como cladogénesis, había una preferencia por delinear el “árbol de la vida” con un tronco central que conducía hacia la raza humana en el ápice, como el pináculo de la creación. Las ramas laterales del árbol representaban desviaciones de la ruta principal y progresiva de la evolución. El debate desatado por el *Origen* de Darwin ciertamente catalizó la conversión de la comunidad científica al evolucionismo, aunque el evolucionismo paleontológico adoptó un modelo de evolución

desarrollista que ya estaba tomando forma desde la era pre-Darwiniana. Muchos evolucionistas tomaron como su principal tarea la reconstrucción de la historia de la vida en la Tierra usando el registro fósil, complementado por las evidencias provenientes de la anatomía comparada y la embriología.

Darwin hizo una crítica aguda en contra de los puentes hipotéticos porque implicaban demasiados supuestos para explicar distribuciones de grupos animales relativamente modernos. Quedaba implícito que para afectar la distribución geográfica de esos grupos modernos, tales puentes hipotéticos tendrían que haber existido en un tiempo reciente, de lo cual no había ninguna evidencia. Los puentes hipotéticos actualmente sumergidos fueron populares hasta que los sondeos oceánicos realizados en la década de los 70 del siglo XIX revelaron la gran profundidad de la cuenca del Atlántico así como de otros océanos y por tanto la imposibilidad de que los pisos marinos se hubieran elevado hasta formar grandes extensiones continentales en el pasado. Darwin apoyó la hipótesis permanentista según la cual los continentes y océanos habían mantenido sin cambio sus posiciones relativas y explicó las distribuciones disyuntas mediante el transporte accidental vía corrientes marinas, eólicas e incluso por masas de hielo a la deriva (Pérez-Malvárez *et. al.*, 2006).

Para los darwinistas, la biogeografía se convirtió en ciencia histórica. Examinando la distribución presente de los animales y plantas y comparándola con lo que se sabía de los cambios geológicos del pasado, el evolucionista trataba de explicar cómo se habían establecido las poblaciones de las diversas regiones de la Tierra mediante migraciones sucesivas (Bowler, 2000).

Darwin, sin proponérselo, llegó a influir de manera muy importante en la biogeografía. Sus ideas fueron consideradas centrales, en particular para explicar la distribución geográfica de los grupos de organismos a partir de la migración de los individuos desde los centros de origen de los distintos grupos. Así, sus ideas contribuyeron al surgimiento de lo que se denominaría como la biogeografía dispersionista o biogeografía evolutiva (Pérez-Malvárez y Ruiz, 2003).

La escuela de los puentes terrestres se defendió vehementemente de los ataques tanto de William Diller Matthew (1871-1930) como de Wegener. En América, uno de los líderes puentistas opositores a Wegener, era el paleontólogo de invertebrados Charles Schuchert (1856-1942), quién extendió las hipótesis puentistas hasta el Cenozoico, entrando en conflicto directo con Matthew. En una nota póstuma de la edición de 1939 de “*Climate and evolution*”, Matthew admitió que si se encontrara un mecanismo geofísicamente plausible para la hipótesis de Wegener, se resolverían los casos de distribuciones anómalas en el Paleozoico y Mesozoico (Bueno-Hernández y Pérez-Malvárez, 2009).

WEGENER Y LA EVIDENCIA BIOGEOGRÁFICA

En su capítulo “*Argumentos paleontológicos y biológicos*”, Wegener recurrió a una serie de ejemplos sobre la distribución geográfica que apoyarían la teoría de la deriva continental.

Wegener citó textualmente a E. Jaworski: “Todos los hechos geológicos conocidos sobre África occidental y Suramérica concuerdan completamente con la hipótesis a la que hemos llegado sobre la base de los datos zoogeográficos y fitogeográficos, tanto actuales como del pasado: en periodos anteriores de la Historia de la Tierra ha existido una conexión continental entre África y Suramérica en el lugar del océano Atlántico Sur actual (Wegener, 2009: 201).

Basándose en razones fitogeográficas, el botánico y biogeógrafo alemán Adolf Engler (1844-1930) llegó a la conclusión de que la aparición de *Glossopteris* tanto en África como en América, tendría una buena explicación si se demostrara que entre la parte Norte de Brasil al Sureste de la desembocadura del río Amazonas y la Bahía de Biafra en África occidental, habrían existido una serie de grandes islas o un puente continental. La cantidad de relaciones de afinidad observadas en las floras del Cabo y Australia sugerían también una conexión entre África y Australia a través de la Antártida.

Wegener citó también a E. Stromer, quien había llamado la atención sobre la distribución del manatí (*Manatus*), común entre África occidental, América Central y la parte tropical de América del Sur que tiene su hábitat en ríos y mares someros y calientes, pero es incapaz de cruzar el Atlántico. Esta distribución sugería la existencia de una conexión de agua somera en un pasado cercano, que se extendía a lo largo de las costas del Atlántico Sur, entre África occidental y Suramérica.

H. von Ihering (1850-1930) zoólogo alemán, en su libro *La Historia del océano Atlántico* aportó una gran cantidad de pruebas a favor de antiguas

conexiones continentales. Todo el libro constituye un argumento a favor de esta conexión, a pesar de que propuso la insostenible interpretación de que la conexión se encontraba formada por el continente “arqueohelénico” que unía Brasil con África, un continente intermedio entre los actuales bloques continentales cuya posición no se había alterado hasta la actualidad (Fig. 2). También propuso una antigua conexión entre Europa y Norteamérica (Wegener, 2009: 201-202).

Wegener se apoyó también en el geógrafo alemán T. Arldt (1878-1960), quien proporcionó la siguiente tabla (Fig. 3).

	REPTILES %	MAMÍFEROS %
Carbonífero	64	-
Pérmico	12	-
Triásico	32	-
Jurásico	48	-
Cretácico inferior	17	-
Cretácico superior	24	-
Eoceno	32	35
Oligoceno	29	31
Mioceno	27	24
Plioceno	?	19
Cuaternario	?	30

Fig. 3. Porcentajes de reptiles y mamíferos idénticos a cada lado de la conexión entre Europa y Norteamérica (Wegener, 2009).

Según Wegener (2009: 203), tales porcentajes sugerían que debió existir una conexión continental durante el Carbonífero y el Triásico. Resaltó la coincidencia durante el Carbonífero, quizá por ser la de este período la fauna mejor conocida. La falta de formas idénticas en el caso de los reptiles durante el Plioceno y el Cuaternario habría que atribuirla obviamente al frío, que exterminó la anterior fauna reptiliana. Desde el momento de su aparición en la

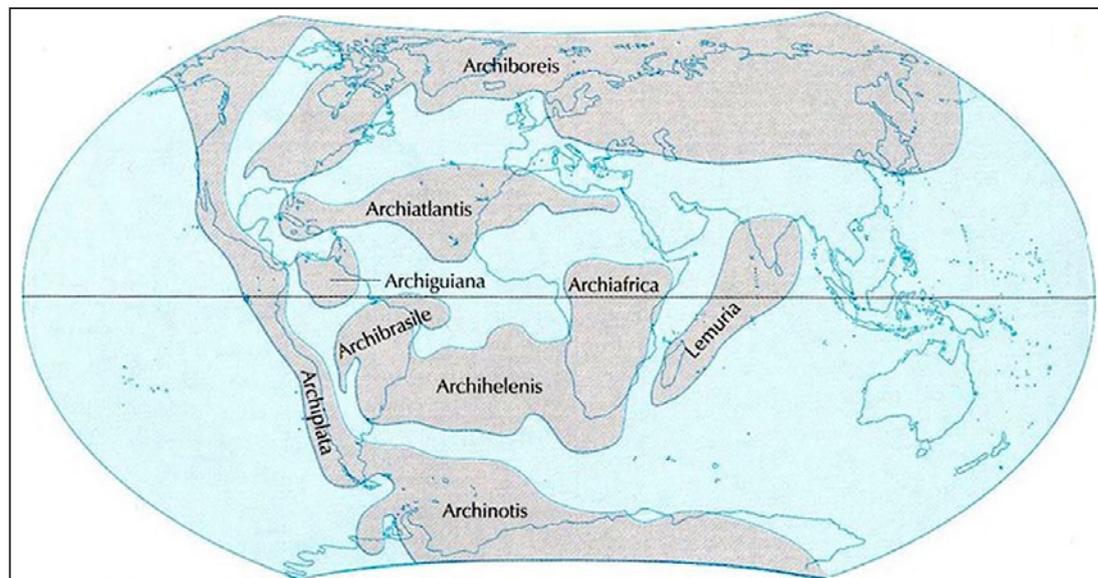


Fig. 2. Puentes intercontinentales del Cretácico por H. von Ihering, in: Zunino y Zullini (2003).

historia de la Tierra, los mamíferos van a mostrar un patrón de similitud muy similar al de los reptiles.

Otro caso interesante al que hace referencia Wegener es el de un taxón de lombrices (Lumbricidae), el cual está distribuido desde Japón hasta España, mientras que al otro lado del océano se encuentra únicamente en el Este de Estados Unidos.

La familia de las percas (Percidae), al igual que otros peces de agua dulce, se encuentra en Europa y Asia, pero sólo en el Este de Norteamérica. Otro ejemplo es el del brezo común (*Calluna vulgaris*) de la familia Ericaceae, que además de encontrarse en Europa, sólo se halla en Terranova y zonas limítrofes; a la inversa un gran número de plantas americanas están confinadas en la parte europea, en el Oeste de Irlanda.

Una distribución sorprendente es la del caracol de jardín, que se extiende desde Alemania meridional, a través de las islas Británicas, Islandia y Groenlandia hasta América, donde se encuentra sólo en El Labrador, Terranova y el Este de Estados Unidos. Wegener razona que si ignoráramos la teoría del hundimiento de los continentes por ser insostenible desde el punto de vista geofísico, la explicación alternativa para una distribución como la del caracol sería la teoría movilista, pues de otro modo se requeriría proponer un hipotético y larguísimo puente para conectar El Labrador, con Groenlandia y a su vez con Islandia y las islas Británicas.

Wegener considera que los hechos biológicos sobre la distribución geográfica de una serie de organismos resultan ser una prueba suficiente para estar a favor de la teoría movilista. Cita a Von Ubisch (1886-1965), quien dice:

“Los hipotéticos puentes de la antigua teoría se extienden en su mayoría sobre regiones considerables. Algunos puentes se extienden incluso a través de distintas zonas climáticas. Por tanto, es evidente que estos puentes no podrían ser utilizados por todos los animales existentes en los continentes que éstos comunicaban, de igual forma que nos encontramos una distribución completamente homogénea de la fauna en continentes que actualmente se encuentran interconectados incluso aunque estén incluidos en una zona climática homogénea...” Wegener (2009: 205)

De acuerdo con la teoría de Wegener, dice Von Ubisch, la ruptura que se produce conduce a la separación de una región faunística completamente uniforme, siempre que esta ruptura no se produzca accidentalmente a lo largo de una barrera faunística ya existente. Wegener (2009: 206) continúa con Von Ubisch quien señala: “Sintetizando nuestros resultados, se podría decir que las observaciones zoogeográficas detalles aparte, se adaptan excepcionalmente a la concepción de Wegener. En muchos casos, la teoría de los desplazamientos es incluso capaz de darnos soluciones más simples a los hechos observados que cualquiera de las teorías anteriores”.

Bowler (2002) establece que fueron primero los biogeógrafos quienes postularon “puentes terrestres” en el pasado y después los siguieron los paleontólogos. Haeckel por ejemplo, sugirió que la falta de homínidos fósiles podría ser explicada asumiendo que nuestros ancestros habían vivido en el continente perdido de Lemuria, ahora hundido en el Océano Índico. Cuando se reconoció que las faunas paleozoicas de América del Sur y de África del Sur eran idénticas, resultó natural postular un puente de tierra a través del Atlántico, el cual se había hundido en el Mesozoico, para permitir la divergencia entre las faunas de los dos continentes. Al ignorar la posibilidad del movimiento de los continentes, los paleontólogos simplemente siguieron el mismo camino que los geólogos físicos.

Las coincidencias biológicas entre la meseta del Decán, en la India, y Madagascar, que habría implicado un supuesto continente de Lemuria luego hundido, son muy conocidas. Wegener citó a Diener, quien a pesar de haber apoyado generalmente la idea de la permanencia de las grandes cuencas oceánicas, se expresó así: “Desde el punto de vista zoogeográfico, es irrefutable la existencia de una conexión de tierra firme entre la península de la India y Suráfrica pasando por Madagascar, durante el Trias y el Pérmico, ya que en las faunas de Gondwana en las Indias Orientales se encuentran vertebrados terrestres europeos, mezclados con otros que eran indígenas de Suráfrica. Asimismo, la colonización de Madagascar por *Titanosaurus* y una especie similar a *Megalosaurus* durante el Cretácico Superior debió tener lugar a su vez a través de la India, ya que el canal de Mozambique se había abierto ya durante el Lías” (Wegener, 2009: 211).

La diferencia zoogeográfica consiste en que antes de la separación, el Decán se hallaba al lado de Madagascar. Es en este punto donde se aprecian las ventajas de la teoría movilista, ya que estas dos regiones se encuentran actualmente en lugares con una diferencia latitudinal significativa y si tienen un clima y unas faunas similares es tan sólo porque se encuentran a la misma distancia a ambos lados del Ecuador. Esta enorme separación podría dar lugar a un enigma climático durante el periodo de la flora de *Glossopteris*, pero la teoría movilista viene a resolver el problema.

Otro autor citado por Wegener de nombre Sahni, había investigado la distribución de la flora de *Glossopteris* de clima polar en el dominio de la antigua Gondwana en un intento por examinar las ventajas de la teoría de los desplazamientos sobre las del hundimiento de los puentes continentales. Aunque Sahni dejaba esta cuestión aún por resolver, Wegener señalaba que en ese trabajo, como en todas las publicaciones que conocía (Wegener, 2009: 212) se había considerado la existencia efectiva de una conexión continental entre Suráfrica, Madagascar, la India y Australia como un resultado establecido

hacía tiempo mediante el trabajo de investigación. Sin embargo, desde el punto de vista de Wegener, la teoría movi lista ofrecía una explicación mucho mejor de los hechos observados que la teoría de los continentes hundidos, que además era insostenible desde el punto de vista geofísico.

Otro caso que despertó gran interés en Wegener fue el de la fauna australiana. Wegener (2009: 212) citó el trabajo biogeográfico de Wallace, en el que el naturalista inglés hizo una clasificación de la fauna de esta isla-continente en tres elementos que se distinguían claramente por tener distinta antigüedad. El elemento más antiguo, que se encontraba fundamentalmente en el Suroeste de Australia, mostraba una interrelación con la fauna de la India y Ceilán en particular, pero también con las de Madagascar y Suráfrica. En esta asociación se encontraban representantes de animales que gustan del calor, como sucede con las lombrices, que evitan los suelos helados. Esta asociación se remontaba al tiempo en que Australia y la India estaban unidas.

Las barreras oceánicas que se abrieron durante las primeras fases de la evolución de los mamíferos habían protegido a los marsupiales de Australia y a los lémures y otros animales únicos de Madagascar. Durante sus exploraciones de los años cincuenta del siglo XIX, Wallace había trazado la línea que dividía a las faunas asiática y australiana en el sureste de Asia, conocida todavía como la "línea de Wallace". Procesos similares explicarían anomalías como la existencia de especies relacionadas estrechamente en localidades muy alejadas unas de otras. Wallace argumentó en contra de los naturalistas que recurrían a puentes terrestres hipotéticos para explicar estos casos, incluso entre los océanos más profundos y extensos. Tales puentes eran tanto geológicamente inadmisibles como innecesarios (Bowler, 2000).

La segunda asociación faunística de Australia era muy conocida, porque incluía una serie de mamíferos peculiares, como los Marsupiales y los Monotremas, que se diferenciaban claramente de la fauna de las islas de la Sonda, en donde había una clara frontera entre las islas de Bali y Lombok, con mamíferos placentarios en la parte occidental, y mamíferos marsupiales y monotremas en la parte oriental del Archipiélago Malayo. Esta asociación faunística mostraba una serie de interrelaciones con Suramérica. Actualmente los Marsupiales no sólo se encuentran en Australia, sino también en las Molucas, en varias islas de los mares del Sur y fundamentalmente en Suramérica (una especie de zarigüeya se ha dispersado incluso en Norteamérica); también se conocen fósiles de este grupo en Norteamérica y Europa, pero no en Asia. Resulta además significativo que los parásitos de los marsupiales australianos y suramericanos sean los mismos. Wallace consideró que la conexión terrestre entre Suramérica y Australia "si realmente existió, se encontraba cerca del límite Sur, donde el clima era frío".

La segunda asociación faunística observada existió cuando Australia se encontraba unida a Suramérica por medio de la Antártida, o sea, entre el Jurásico Inferior (momento de la ruptura de la India) y el Eoceno (momento de la ruptura de Australia con respecto a la Antártida). La posición actual de Australia no favorece ya el aislamiento de estas formas, que están ganando terreno lentamente en el archipiélago de la Sonda, de forma que Wallace, dice Wegener, ha tenido que colocar el límite de los mamíferos entre las islas de Bali y Lombok y aún más allá, en el estrecho de Macassar, que separa la isla de Borneo y la isla Célebes, en Indonesia.

La tercera asociación faunística, la más reciente, es la que emigró de Sonda estableciéndose en Nueva Guinea y ha comenzado a colonizar el Nordeste de Australia. El dingo (perro salvaje), los roedores, los murciélagos y otros mamíferos han emigrado a Australia durante el post-Plioceno. El recién aparecido género de lombrices *Pheretimia* ha llevado a cabo una activa invasión de las islas de la Sonda, los litorales meridionales de Asia y la península malaya hasta China y Japón, desplazando a la mayor parte de los géneros que anteriormente colonizaban estas regiones; también ha invadido por completo Nueva Guinea y se ha instalado firmemente en la punta Norte de Australia. Todo esto nos viene a demostrar un intercambio de fauna y flora que ha comenzado en un periodo geológico muy reciente.

Estas tres subdivisiones de la fauna australiana concuerdan perfectamente con la teoría de los desplazamientos. Precisamente estas circunstancias nos muestran de la forma más clara posible la gran superioridad de la teoría movi lista sobre la de los puentes hundidos, incluso si nos atenemos únicamente a hechos biológicos. Nadie puede negar que en este caso nuestra suposición de que la antigua separación de Australia con respecto a Suramérica era sólo una pequeña parte de la actual (y que, por otro lado, aquella estuvo separada de las islas de la Sonda por una enorme cuenca oceánica durante largos periodos) explica la peculiar naturaleza del reino animal australiano de una manera muy diferente a la teoría de los continentes hundidos que en cualquier caso es geofísicamente imposible. De hecho, la fauna australiana va a proporcionar el material más importante con el que la Biología puede contribuir al problema general de los desplazamientos continentales (Wegener, 2009: 214-215).

Wallace se convirtió en una de las autoridades principales en distribución zoológica (Bowler, 2000). En su clásico trabajo *Geographical Distribution of Animals* publicada en 1876, apareció el modelo para la siguiente generación de naturalistas que estudiaron biogeografía. El interés principal de Wallace fue la distribución de los animales en las grandes masas continentales. Aceptó el punto de vista del ornitólogo P. L. Sclater, de que había seis provincias zoológicas principales. El

que existiera este patrón de regionalización, con biotas particulares de cada región, implicaba que las migraciones eran controladas por algo más que factores accidentales. A. R. Wallace (1823-1913) compartía la idea de Darwin de que los continentes eran en esencia permanentes. Aunque la posición básica de los continentes había permanecido sin cambios desde el Mesozoico, las variaciones del nivel del mar habrían abierto pasajes terrestres entre áreas ahora separadas por mares bajos. A falta de una teoría de la deriva continental, los darwinistas se vieron obligados a postular la migración para explicar las similitudes de las poblaciones de continentes muy alejados entre sí. Durante el periodo wallaceano de la biogeografía, el paradigma fue explicar los patrones de distribución de las biotas por episodios de dispersión de grupos particulares desde sus respectivos centros de origen (Bueno, 1990).

COMENTARIOS FINALES

El planteamiento de la tectónica de placas en los años de la post-guerra representó una segunda revolución teórica a la cual los paleontólogos tuvieron que responder. Los puentes intercontinentales fueron abandonados y los movimientos continentales postulados por los geólogos se convirtieron desde entonces en puntos centrales de nuestras explicaciones actuales acerca de la evolución y la distribución de la vida en la Tierra (Bowler, 2002).

Alfred Wegener, en su obra *El Origen de los continentes y los Océanos*, proporcionó evidencia biológica para sostener su teoría de los desplazamientos. Esta evidencia provino de biólogos y paleontólogos, que en esa época discutían cuestiones como la selección natural y la teoría evolutiva de Charles Darwin. Wegener no citó la obra de Darwin y por tanto parecería que no consideró sus ideas evolutivas y que no estuvo de acuerdo con ellas. Sin embargo, llama la atención que para Wegener sí fue importante citar el trabajo de Alfred Wallace, porque en los argumentos que dio el naturalista inglés sobre la distribución geográfica de los organismos, especialmente los referentes a la fauna australiana, encontró evidencias biológicas que no podrían explicarse por puentes hipotéticos y dejaban a la deriva continental como la mejor explicación. Wegener recurrió a ejemplos biológicos de distribución geográfica para apoyar la teoría de la deriva continental de donde se colige que conocía las ideas evolucionistas tanto de Darwin como de Wallace. Por tanto, puede decirse que fue la visión evolutiva de Wegener la que le permitió apreciar la importancia de la distribución geográfica, particularmente las distribuciones disyuntas a las cuales hace referencia Darwin, consideradas como casos difíciles de explicar. Wegener desarrolló

una clara visión tanto evolutiva como biogeográfica. Sus ejemplos sobre la distribución geográfica de diferentes taxones y sus argumentos paleontológicos y biológicos fueron una evidencia empírica decisiva para apoyar su teoría. Wegener no abordó la discusión sobre los centros de origen de los grupos. Al señalar los casos de distribuciones anómalas, su intención fue evidenciar que la mejor manera de explicarlos era mediante el movimiento que habían tenido los continentes hasta alcanzar su posición actual. A Wegener no le interesó que Darwin y Wallace aceptaran básicamente un modelo permanentista de los continentes ni que desestimaran hipótesis extensionistas por falta de suficiente evidencia. Centró su interés en cómo se distribuye la vida por la superficie terrestre y en proponer una teoría que explicara los patrones biogeográficos. Los casos de distribución biogeográfica que Darwin y Wallace emplearon para sustentar su teoría evolutiva fueron básicamente los mismos que Wegener utilizó como evidencia para sustentar su teoría de la deriva continental. Quizá Wegener no quiso polemizar con Darwin sobre la permanencia de los continentes. Sin embargo, el hecho de que cite a Wallace y le reconozca su importancia en el desarrollo de la Biogeografía, da pie a que se pueda hipotetizar la tesis de que Wegener aceptó el proceso de evolución, lo cual lo condujo a presentar la evidencia biogeográfica como uno de sus principales argumentos a favor de la deriva continental.

De acuerdo con Gribbin (2006) Wegener armó un gran escándalo con su teoría sobre la deriva continental, en vez de limitarse a publicarla y dejarla abandonada a su suerte para que se fuera a pique o se mantuviera a flote por su cuenta. Aunque muchos detalles de sus teorías eran incorrectos, su concepto global ha resistido la prueba del paso del tiempo y a Wegener se le reconoce actualmente, con toda justicia, como el padre de la teoría de la deriva continental, tal como hoy se formula.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM, su apoyo a través del Proyecto PAPIIT IN-401110 para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F.J. (2011). *¿Soy un mono?* Ariel, Barcelona, 108 p.
- Bowler, P.J. (2000). *Historia Fontana de las ciencias ambientales*. FCE, México, 276-312, 467 p.
- Bowler, P.J. (2002). De Darwin a la Tectónica de placas. En: García, P., Montellano, M., Quiroz, S., Sour, F., Ceballos, S., Chávez, L. (Compiladores) *Paleobiología*. Lecturas Seleccionadas, 2ª. ed., Facultad de Ciencias, UNAM, 19-26.

- Bowler, P.J. y Morus, I.R. (2005). *Making modern science. A Historical survey*. The University of Chicago Press, USA, 237-252.
- Bueno, A.H. (1990). Centro de Origen. Historia de un concepto. *Ciencias* 18, 41-46.
- Bueno-Hernández, A.A., Morrone, J.J., Luna-Reyes, M. de las M. y Pérez-Malvárez, C. (1999). Raíces históricas del concepto de centro de origen en la biogeografía dispersionista: Del Edén Bíblico al modelo Darwin-Wallace. *Sci. Techn. Persp*, 3.1, 27-45.
- Bueno-Hernández, A.A. y Pérez-Malvárez, C. (2006). Metáforas biogeográficas del imperialismo. *Ciencias*, 84, 15-24.
- Bueno-Hernández, A.A. y Pérez-Malvárez, C. (2009). Biogeografía y racismo. En: J.J. Morrone y P. Magaña (eds.). *Evolución biológica*, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 361-383.
- García Cruz, C.M. (1998). Puentes intercontinentales e isostasia: aspectos históricos y didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.3, 211-216.
- García Cruz, C.M. (2003). La Filosofía geológica en los inicios del siglo XX: marco epistemológico de la deriva continental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 11.1, 28-37.
- Gribbin, J. (2006). *Historia de la Ciencia (1543-2001)*. Crítica, España, 552 p.
- Hallam, A. (1978). La deriva continental y el registro fósil. En: Selecciones de *Scientific American*. *Ecología, evolución y Biología de poblaciones*. Omega, Barcelona, 81-90.
- Hallam, A. (1994). *An outline of Phanerozoic biogeography*. Oxford University Press, Gran Bretaña, 246 p.
- Noguera, R. y Ruiz, R. (2010). Dos siglos explicando la evolución. *Ciencias*, 97, 26-30.
- Pelayo, F. (2009). Introducción. En: *El Origen de los Continentes y Océanos*. Crítica, Barcelona, 9-81, 392 p.
- Pérez-Malvárez, C., Bueno-Hernández, A., Fera-Ortiz, M. y Morrone, J.J. (1997). Alfred Lothar Wegener y la teoría de la deriva continental. *Museo* 2.9, 75-79.
- Pérez-Malvárez, C. y Ruiz, R. (2001). Hacia la génesis de la teoría de la deriva continental. En: Llorente Bousquets, J. y J. J. Morrone (eds.). *Introducción a la biogeografía: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. (1ª reimpresión 2003), Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 161-170
- Pérez-Malvárez, C., Bueno-Hernández, A. y Morrone, J.J. (2003). La teoría de la deriva continental y su competencia con las teorías rivales, *Asclepio* LV.1, 3-34.
- Pérez-Malvárez, C. y Ruiz, R. (2003). Las ideas biogeográficas y su presencia en una revista mexicana: La Naturaleza. *Lull* 26, 207-244.
- Pérez-Malvárez, C., Bueno, A.H., Fera, M. y Ruiz, R. (2006). Noventa y cuatro años de la teoría de la deriva continental de Alfred Lothar Wegener. *Interciencia* 31.7, 536-543.
- Wegener, A (2009). *El Origen de los Continentes y Océanos*. Capítulo 6. Argumentos paleontológicos y biológicos. Introducción de Francisco Pelayo, Crítica, Barcelona, 199-227, 392 p.
- Zunino, M. y Zullini, A. (2003). *Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución*. FCE, México, 359 p. ■

Artículo solicitado desde E.C.T. el 10 de septiembre de 2010 y recibido el 20 de septiembre de 2011; aceptado definitivamente para su publicación el 17 de noviembre de 2011.