

## EL SIMPOSIO DE LA ASOCIACION AMERICANA DE GEOLOGOS DEL PETROLEO (NUEVA YORK, 1926) Y LA DERIVA CONTINENTAL

CANDIDO MANUEL GARCIA CRUZ  
I.B. Mencey Acaymo, Güímar (Tenerife)

### RESUMEN

*Partiendo del Simposio de la Asociación Americana de Geólogos del Petróleo (Nueva York, 1926), por un lado se analiza el enfrentamiento de las ideas movi listas de Alfred Wegener con los postulados fijistas de principios del siglo XX, impregnadas por el neopositivismo. Esencialmente, en este Simposio se expresaron fuertes críticas al método hipotético-deductivo utilizado por Wegener frente al empirismo inductivista de los científicos norteamericanos, así como a las causas inverosímiles aducidas para explicar la deriva continental, lo que contribuyó en gran medida al rechazo de la teoría movi lista. Por otra parte, el estudio y utilización didáctica de textos originales nos proporciona argumentos valiosos para comprender cómo avanza la ciencia. En este sentido, la deriva continental se enmarca más dentro del concepto de transformación de ideas científicas que en la simple acumulación de hechos.*

### ABSTRACT

*Starting from Symposium of the American Association of Petroleum Geologists (New York, 1926), the putting face to face of the movi list ideas of Alfred Wegener with the first postulates at the beginnings of 20th century, impregnated with the neopositivism, is analysed. At this Symposium the stronger criticisms were strikingly due to the hypothetic-deductive method used by Wegener versus inductive empiricism of the Northamerican geologists, and, likewise, on the unlikely causes quoted to account for the continental drift, contributing to a great extent to the refuse of the movi list theory. On the other hand, both the study and didactic use of original papers provides useful arguments to understand the form as the science progresses. In this respect, the continental drift is framed more in the concept of transformation of scientific ideas than in a mere accumulation of deeds only.*

Palabras clave: Geología, Deriva continental, Siglo XX, Wegener.

## 1. Introducción

En 1910, el geólogo norteamericano Frank B. Taylor publicó un artículo en el que planteaba por primera vez su hipótesis sobre los desplazamientos de las masas continentales esencialmente en dirección sur, hacia el ecuador, a partir del polo norte [TAYLOR, 1910].

Poco después, en 1912, el meteorólogo alemán Alfred Wegener daba dos conferencias en Frankfurt y Marburg sobre el mismo tema. En ellas incluía, además, un desplazamiento de los continentes hacia el oeste. Ese mismo año publicó su hipótesis en dos artículos [WEGENER, 1912a y b], apareciendo en 1915 por primera vez en forma de libro, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (El origen de los continentes y océanos)*, con sendas ediciones posteriores en 1920 y 1922, siendo traducido poco después a varios idiomas, entre ellos al español (en 1925). La última (4ª) edición alemana, en vida del autor, fue publicada en 1929 [WEGENER, 1929].

Ambas hipótesis daban una visión movilista del planeta tierra. No obstante sólo la obra de Wegener dio lugar a la polémica en los medios científicos, sobre todo en Norteamérica.

Esta polémica es un buen ejemplo del enfrentamiento entre el pensamiento hipotético-deductivo, por un lado, y el positivismo imperante, por otro, este último representado generalmente por las grandes autoridades de la ciencia bien asentadas desde los ámbitos más ortodoxos (Schuchert, Chamberlin, o Jeffreys<sup>1</sup>). Dicho enfrentamiento se centró en este caso, además, en factores ajenos a la ciencia, como el intrusismo profesional o la xenofobia (Wegener, además de no ser geólogo, era alemán, y Alemania acababa de salir derrotada de una guerra en la década anterior). Esta controversia ya ha sido excelentemente estudiada por varios autores, destacando los trabajos de Hallam [1973, pp. 21-59; 1975; 1983, pp. 115-135] y más profusamente la obra de Le Grand [1988]; por otro lado, Anguita [1982], ha analizado comparativamente tanto las actitudes científicas como la aceptación de las correspondientes teorías de Charles Darwin (evolución biológica) y Alfred Wegener (deriva continental).

Las ideas de Wegener en particular, puesto que la polémica se centró en ellas, hacían tambalearse los cimientos de la ciencia, no sólo desde el punto de

vista geológico, sino también biogeográfico, o para la incipiente Paleoclimatología.

Pero en el fondo mismo de la deriva continental, ésta iba mucho más allá de su oposición abierta contra toda una serie de teorías que formaban parte integral de una filosofía geológica global. No sólo se oponía al paradigma oficial, a la permanencia de los océanos y de los continentes, y consecuentemente a la idea de los puentes intercontinentales como vías de dispersión biogeográfica (por otro lado ya muy desacreditados por la isostasia), o a la teoría misma de la contracción de la tierra de Descartes [1644, pp. 217-225], y, consecuentemente, a las ideas orogénicas bien asentadas de Elie de Beaumont [1829-30] y Dana [1847]. Por lo tanto, entraban de lleno en la vieja polémica entre la herencia cultural de los *fisiógrafos* y la de los *mineros* en el sentido de Sengör [1991], representados por Alfred Wegener y Thomas C. Chamberlin, respectivamente, como figuras destacadas de la época.

Además de los aspectos meramente geológicos, Wegener se enfrentaba también, y desde un punto de vista filosófico, a toda una corriente de pensamiento que hunde sus raíces en el mundo griego y se remonta, al menos, hasta Aristóteles: la Filosofía Determinista, con sus procesos cíclicos del tiempo que se pierden, en su forma más arcaica, en las tradiciones culturales prehistóricas del *mito del eterno retorno*. Para este mito, todos los acontecimientos son reversibles, es decir, ninguna transformación es definitiva; no existe nada nuevo en el mundo, sino que todo no es más que mera repetición de los mismos arquetipos primordiales [ELIADE, 1951, p. 86]. A finales del siglo XVIII, James Hutton ya había establecido su versión de este mito<sup>2</sup> para las Ciencias de la Tierra tras el descubrimiento del *tiempo profundo* [Hutton, 1795], y Rollin T. Chamberlin lo concreta en pleno debate sobre la deriva continental como un *argumento* más en contra de ella: *El registro geológico es rítmico, con ciclos que siguen a otros ciclos...* [CHAMBERLIN, 1928, p. 83-84], y más adelante insiste en ello: *La historia se ha repetido de manera notable [ibid., p. 84]*. Lo que pretendía esta visión determinista de la tierra no era otra cosa que la eternización de formas y lugares en el transcurrir del tiempo, sentenciando una vez más que *nada nuevo existe bajo el sol*.

Así, pues, la ciencia-filosofía se recrea, implícita o explícitamente, en la controversia sobre dos concepciones, no sólo muy distintas, sino además incompatibles, del mundo y de la realidad. Y mientras la ciencia tiende a aproximarse cada vez más a la realidad para comprenderla, el determinismo deforma la realidad, y para hacerla suya y dominarla, llega a crear su propia verdad, siempre dogmática e intransigente.

## **2. El Simposio de la Asociación Americana de Geólogos del Petróleo (Nueva York, 1926)**

Al objeto de proporcionar ideas y datos científicos y técnicos en el campo de la Geología, en lo que se refiere a la exploración y producción de petróleo y gas natural, en 1917 se estableció en Tulsa (Oklahoma, EE.UU.) la *Asociación Americana de Geólogos del Petróleo* (*American Association of Petroleum Geologists, A.A.P.G.*, originalmente *Southwestern Association of Petroleum Geologists*).

Casi una década después, en 1926, la A.A.P.G. organizó un simposio en Nueva York para debatir ampliamente la teoría movlista de Wegener, bajo la dirección del geólogo holandés W.A.J.M. van Waterschoot van der Gracht. Esta fue la primera y única vez que se discutió públicamente la deriva continental con la participación de Wegener<sup>3</sup>. Las Actas fueron publicadas dos años más tarde [VAN DER GRACHT, 1928a].

No es casual que el interés por la teoría de la deriva de los continentes hubiese provenido de una institución con claros fines económicos. No hay que olvidar que desde principios de siglo ya se empezaba a pensar en el carácter bastante limitado de las reservas de petróleo, y Van der Gracht (a la sazón, vicepresidente de la Marland Oil Company), consciente de ello, plantearía la necesidad de enfocar las futuras prospecciones petrolíferas más desde el punto de vista de la investigación científica en el marco de la geología estructural regional, puesto que los datos de superficie se veía eran cada vez más insuficientes para la localización de yacimientos [VAN DER GRACHT, 1928b, p. 5], y más adelante, en el mismo Simposio, Chester R. Longwell insistiría en la necesidad de tener en cuenta el desplazamiento continental para las futuras prospecciones tanto en Sudamérica como en África [LONGWELL, 1928, p. 157]. Esta visión de futuro ha sido una de las grandes contribuciones de la geología movlista a la prospección de recursos naturales, no sólo de petróleo, sino también de otros yacimientos minerales de interés económico.

## **3. El debate sobre la Deriva Continental**

En este Simposio de 1926 participaron catorce científicos, entre ellos el propio Alfred Wegener, convirtiéndose en el principal foro sobre la deriva continental.

### **3.1. Aportaciones en contra**

Además de los aspectos metodológicos y de las causas aducidas por Wegener para la deriva continental (que se discuten más adelante), las críticas

más importantes que se le hicieron, sobre presupuestos geológicos, procedían de diferentes campos.

Por un lado, y tomando como referencia el punto de partida de Wegener, la similitud de costas entre Africa y Norteamérica no podía considerarse una prueba válida, puesto que, según Willis [1928], existían diversas consecuencias estructurales, entre las que estarían implicadas, por ejemplo, fallas costeras, que la contradirían, y además, los acoples no eran tan perfectos como Wegener pretendía, de acuerdo con los modelos de plastilina que habían sido efectuados [SCHUCHERT, 1928].

Por otro lado, para Chamberlin [1928] las correspondencias glaciales no eran consecuentes con la movilidad continental. Asimismo, otro de los aspectos más discutidos fue el momento en que se produjo la fracturación de la Pangea: para Schuchert [1928] y White [1928] existieron otros períodos de mayores perturbaciones corticales anteriores al Cretácico, y en los que, sin embargo, no ocurrió dicha fracturación. Berry [1928] puso en duda los apoyos de la Geofísica, recalcando que la deriva creaba más problemas de los que intentaba resolver. En diversas ocasiones se adujo a la isostasia como prueba en contra de la movilidad continental [WHITE, 1928; SINGEWALD, 1928; BOWIE, 1928], e incluso Schuchert [1928] acusó a Wegener de apoyarse en ella. También se defendió el que la estructura de los continentes estaba establecida ya desde el Precámbrico [CHAMBERLIN, 1928].

### 3.2. Aportaciones a favor

En cuanto a los apoyos a Wegener, destacaron las notables intervenciones de Van der Gracht [1928b y c], en las que sostuvo, con algunas reservas, que la deriva continental debía ser considerada con imparcialidad y objetividad, con mentalidad abierta para no caer en la intransigencia y el rechazo fácil. Asimismo, Van der Gracht expresó también una serie de intuiciones, dentro de la hipótesis movilista, que han tenido su confirmación algunas décadas después, como son, por ejemplo, la *renovación del fondo oceánico*, o la relación entre las anomalías gravimétricas positivas así como el abombamiento mesoatlántico con *efusiones de basalto*. También, y esto debe reconocérsele actualmente, intuyó el hecho de que la apertura del *rift* atlántico *no tiene por qué haberse producido una sola vez, puede haberse repetido*, idea que viene expresándose desde los años ochenta bajo la denominación de *ciclo del supercontinente* [NANCE *et al.*, 1988; MURPHY y NANCE, 1992].

Por otro lado, y dentro de su hipótesis de la convección térmica, Joly [1928] apoyaba el desplazamiento continental durante los períodos de sustrato fluido por los que pasó la tierra, aunque para Molengraaff [1928] la deriva no

tuvo por qué ser sólo hacia el oeste, sino que, además, proponía que Africa se habría desplazado hacia el este, a partir de la dorsal mesoatlántica, e intuyó, correctamente, que ésta debía estar formada por material basáltico, extruido al separarse las masas continentales, visión ésta, en cierto sentido, errónea<sup>4</sup>.

Algunos autores no se opusieron totalmente a la deriva, como fue el caso de Gregory [1928]<sup>5</sup>, aunque argüía que la distribución actual de tierras y mares se explicaba perfectamente mediante movimientos verticales fruto del ajuste cortical que se produce como consecuencia del enfriamiento de la tierra. También Longwell [1928], aunque crítico, indicaba que si se aceptara la deriva como hipótesis de trabajo, podría proporcionar resultados evaluables.

También participaron en el Simposio Frank B. Taylor y el propio Alfred Wegener. El primero analizó en su trabajo [TAYLOR, 1928] el origen de los plegamientos montañosos y comparó los mantos de hielo y los mantos corticales. Para él, el cinturón terciario era de origen continental, no oceánico. Además, insistía en que las fuerzas necesarias para los movimientos continentales residían en los fenómenos mareales y rotacionales, dudando de la hipótesis planetesimal en tanto que dificultaba el origen de la luna por *captura*, idea ésta que encajaba mejor en sus esquemas de la dinámica cortical.

En cuanto a Wegener [1928], discutió en su contribución algunas cuestiones paleoclimáticas de Norteamérica, insistiendo por otro lado en que su hipótesis podría comprobarse a través de mediciones inalámbricas de la longitud y de la latitud, hecho éste en el que ha intervenido, de forma decisiva, la Unión Astronómica Internacional en diversas ocasiones<sup>6</sup>.

#### **4. Trasfondo epistemológico del debate sobre Wegener en el Simposio de la A.A.P.G.**

##### **4.1. Las Escuelas**

En el Simposio de la A.A.P.G. se puso en evidencia la existencia de dos *grupos* o *escuelas* bien diferenciados. Por un lado, los científicos europeos (sin contar a Wegener: Van der Gracht, Molengraaff, Joly y Gregory), básicamente a favor del moviismo geológico, aunque discrepantes en algunos aspectos concretos, y, por otro, los norteamericanos (Willis, Chamberlin, Schuchert, Bowie, White, Longwell, Singewald y Berry, exceptuando a Taylor), muy críticos en general con la hipótesis de la deriva continental, aunque excepcionalmente algunos de ellos (Longwell y Singewald) pudieran considerarla en cierta medida.

La clave de esta división se puede encontrar en un comentario realizado por Schuchert [1928, pp. 140-141] en su contribución al Simposio: en Norteamérica, hacía muchos años que se había entablado una batalla sobre la teoría de la permanencia de los caracteres más relevantes de la tierra, introducida por J.D. Dana, y *ganaron los americanos* (?), mientras que en Europa, existían geólogos que *aún siguen a Lyell* [!] y *creen en la mutabilidad de los continentes y océanos*, y que para explicar simples peculiaridades en cuanto a flora y fauna *no vacilan en empujar los polos de la tierra hacia cualquier sitio*.

Se trataba, pues, de un enfrentamiento entre estabilidad-inestabilidad de los grandes caracteres de la tierra, y con ellos, la distribución de masas continentales y oceánicas. Estas se habrían visto afectadas exclusivamente por movimientos verticales según la geología más ortodoxa. No obstante, y quizás esto pueda sorprender, en el mismo párrafo, Schuchert afirmaba: *Sólo estamos en terreno seguro con tal que sigamos la enseñanza de la ley de la uniformidad en la actuación de las leyes de la naturaleza* [SCHUCHERT, 1928, p. 140].

Aparentemente existe aquí una contradicción, ya que se plantea la dualidad entre seguir a Lyell o al Uniformismo. Pero aquélla no es tal si tenemos en cuenta que existen diferentes visiones uniformistas en Lyell, como ha sido puesto de manifiesto, entre otros, por Gould [1984, pp. 10-12; 1987, pp. 136-145]. Mientras que, por un lado, Schuchert consideraba positivamente la uniformidad de la *ley* (puesto que garantiza las inferencias inductivas en los tiempos pasados), por otro lado rechazaba la uniformidad de los *procesos*, es decir, el verdadero *actualismo*, puesto que de aceptarlo, y de tener que considerar mínimamente la hipótesis de la deriva continental, se vería obligado a replantear, entre otras ideas, la de los puentes intercontinentales, contra los que se había levantado en primera instancia la teoría de la deriva, y que estaban muy arraigados entre los paleontólogos (Schuchert lo era). Se pondría, así, en evidencia que fueron inventados innecesariamente para explicar unos hechos biogeográficos que la movilidad continental, como proceso geológico *actual*, explicaría *perfectamente*. A este respecto, y ante uno de los grandes *enigmas* geológicos de la época, Schuchert [1928, p. 142] expresaba, dogmático e intransigente, su confianza en que la Geofísica algún día encontraría la forma en que se produjo el derrumbe de los puentes intercontinentales, a lo que replicó Van der Gracht [1928c, p. 199], confiando en que también pudiesen encontrar la forma en que se produjo la deriva continental. Si Schuchert hubiese actuado con mente abierta y no hubiera estado cegado por su dogmatismo, se habría dado cuenta de que la *causa* del derrumbe de los puentes intercontinentales no fue otra que el *establecimiento* de la teoría de la isostasia por Dutton en 1889<sup>7</sup>, y que hacía imposible la existencia de aquéllos.

#### 4.2. Los Datos Científicos y La Filosofía Oculta

No vamos a discutir aquí los hechos concretos que cada autor expresó en su trabajo, ni los argumentos que aportó Wegener, a los que se acusaron de *circunstanciales*, y que, como dice Anguita [1982], *cuándo no lo son en Geología, si llegamos con millones de años de retraso al escenario de los hechos*. Analizaremos, simplemente, dos ideas básicas que se expresaron en el Simposio y contribuyeron al rechazo de la teoría movilista.

(a) *La metodología*. Por un lado, se atacó el método utilizado por Wegener. Partiendo de una idea general, cual era el hecho de que los continentes en el pasado formaron *una sola tierra*, y que a finales del Cretácico se fragmentó, migrando las masas continentales hasta las posiciones actuales, Wegener fue recabando a lo largo de varios años todo un conjunto de argumentos o pruebas desde diferentes campos (como la Geofísica, Geodesia, Paleoclimatología, Geología, Paleontología, Zoología y Botánica), como medio de contrastación, o de *demonstración* según sus palabras [WEGENER, 1929, p. 31], de su teoría, si bien es cierto que, al mismo tiempo y hábilmente, fue ignorando las objeciones al respecto.

De este método se dijo varias veces en el Simposio que era más propio de un abogado<sup>8</sup> que de un científico [WILLIS, 1928, p. 82; SINGEWALD, 1928, p. 189], en el sentido de que tenía *una causa que defender*, más que *una idea que demostrar*, puesto que los hechos no sólo no *concordaban* con la teoría, sino que, además, se *oponían* básicamente a ella. Incluso sobre la validez de estos datos se llegó a decir, con una visión totalmente inductivista, que nada probaban a menos que se aceptara previamente la teoría de la deriva [WILLIS, 1928, p. 82].

No hay que olvidar que varios siglos antes se había venido produciendo una ruptura con la lógica aristotélica y por lo tanto con la metodología deductiva, ruptura que se establece de forma definitiva con Francis Bacon [1620] a partir del empirismo inductivista. No se podían seguir admitiendo como científicos los productos de la imaginación y por lo tanto las especulaciones, acusaciones éstas hechas en más de una ocasión en el Simposio a la hipótesis movilista [WILLIS, 1928, pp. 76 y 81; SCHUCHERT, 1928, p. 142 (citando a TERMIER, p. 140); LONGWELL, 1928, p. 146; BERRY, 1928, p. 194]. Así, pues, los hechos debían de estar comprobados, y mejor aún demostrados matemáticamente, como herencia misma de las transformaciones astronómicas de siglos precedentes, en especial de la revolución newtoniana.

A pesar de lo dicho, parece sorprendente el que Wegener [1929, p. 151] afirmase que ha utilizado el método inductivo, al que, según él, se ven *forzadas*



en la mayoría de los casos las Ciencias Naturales, cuando su obra es un claro y fascinante ejemplo de metodología hipotético-deductiva.

Resulta complejo interpretar esta contradicción. Por un lado, es probable que Wegener confundiese los términos. Pero sin embargo cita a Newton bajo un aspecto deductivo<sup>9</sup>, y en este sentido resulta sospechoso. Quizás pudo pensar que, invirtiendo el concepto, la polémica y el rechazo no serían tan agudos como, estaba seguro, podría suceder, y de hecho ocurrió. O tal vez, considerando la influencia del neopositivismo del Círculo de Viena sobre la ciencia germanoparlante, no quisiera enfrentarse a ella.

(b) *Las causas de la deriva*. En segundo lugar, la teoría adolecía de una falta de concreción *verosímil* en cuanto a las causas que motivaron el desplazamiento de las masas continentales. En este sentido, es evidente que el debate se centra fundamentalmente en el rechazo rotundo de las ideas de Wegener, puesto que los detractores de la hipótesis sólo mencionan a Taylor una vez (en el trabajo de Schuchert, p. 108, y, además, dentro de una cita del libro de R. Daly, *Our Mobile Earth*).

Wegener había dedicado todo el capítulo 9 de su libro para hablar de las causas de la deriva, indicando que por el momento no había aparecido *el Newton de la teoría de los desplazamientos* [WEGENER, 1929, p. 151]. Se había resuelto sólo un aspecto (la fuerza de la fuga polar que hacía derivar los continentes hacia el ecuador, de acuerdo con los datos obtenidos del Eötvös en 1913) y se habían avanzado unas cuantas conjeturas sobre el resto. Tales conjeturas no eran otras que las fuerzas del sol y de la luna sobre la tierra viscosa.

Contra estas causas aducidas por Wegener destacaron las réplicas de Willis [1928, p. 78], indicando que dichas fuerzas serían más efectivas si actuaran sobre el sima (más denso) que sobre el sial (más ligero), pero Wegener proponía justo lo contrario. En este mismo sentido, Chamberlin [1928, p. 86], citando a Lambert, afirmó que estas fuerzas eran inadecuadas, puesto que representaban sólo una millonésima de las requeridas, insistiendo Longwell [1928, p. 147] en su pequeñez, e indicando al mismo tiempo que el efecto precesional de Schweydar, que podría ayudar a explicar la deriva, sólo era efectivo en el cinturón ecuatorial.

Por otro lado, para Taylor [1928, p. 170] la fuerza que debía mover la corteza estaba indiscutiblemente relacionada con la latitud y con los hemisferios; la distribución de los continentes no se ajustaba a un proceso de contracción por enfriamiento o consolidación de planetesimales. Por este motivo, la fuerza debía ser de origen *externo*, siendo las fuerzas mareales y

rotacionales las únicas existentes en este sentido, o al menos más prometedoras que una posible fuerza de origen magnético [*ibid.* p. 172]. Más adelante, argumentó a favor del elemento causal de su teoría el hecho de que los movimientos corticales del Terciario comenzaran en una época *muy definida* (Cretácico tardío), y no antes, asociando esto con un *aumento repentino y permanente en el poder de la fuerza motriz de la corteza* [*ibid.* p. 175]. Para ello dio una *explicación simple y racional* (adelantada ya en el encuentro anual de la Geological Society of America en diciembre de 1925<sup>10</sup>): la *captura* de la luna como satélite en esa época, hecho éste que relacionó, en defensa de esa idea, con el origen de la gran transgresión del Cretácico [TAYLOR, 1928, p. 175].

Estas causas habían sido analizadas con anterioridad por algunos autores, en especial por Harold Jeffreys [1924], y se había opuesto a ellas por dos motivos fundamentales. Si la luna había sido capturada a finales del Cretácico, por un lado quedaban sin explicar los ciclos orogénicos anteriores a este período, y por otro, la traslación de los continentes habría producido tal fricción que el movimiento de rotación de la tierra se hubiese detenido en muy poco tiempo. Dicha detención, según Jeffreys, habría ocurrido aproximadamente en un año.

A pesar de todo, en ningún momento se expresan en el Simposio opiniones contrarias a las ideas de Taylor, ni siquiera se hace alusión manifiesta a ellas. Siempre son las ideas *de* Wegener las que hay que atacar. Porque, al fin y al cabo, para los detractores del movilismo geológico, Taylor era compatriota, y además colega, aunque pudiese estar equivocado. Lo que no sucedía con Wegener.

Hay que hacer notar a este respecto, que los mecanismos aducidos tanto por Wegener como por Taylor para la deriva continental eran insuficientes. Además, no se han evidenciado nunca. En la actualidad, dentro del marco de la Tectónica Global, se aceptan otros mecanismos totalmente distintos, algunos de los cuales incluso, como las corrientes convectivas, son muy discutidos por la Geofísica, pareciendo ser más efecto del movimiento de las placas que su causa.

### ***4.3. Trasfondo epistemológico***

La lectura de las actas de los simposios, especialmente cuando tratan aspectos controvertidos como el que nos ocupa, es de gran interés didáctico puesto que nos ayuda a comprender de qué forma avanza el conocimiento científico, hecho éste generalmente obviado en el aula en todos los niveles educativos.

Se puede ver aquí también, al igual que en otras controversias [ANGUITA, *com. per.*], cómo, ante un mismo fenómeno y analizando los mismos hechos, datos, acontecimientos o lugares, diferentes científicos extraen conclusiones muy distintas, hecho éste apuntado ya por Kuhn [1962, p. 45] para las fases iniciales de todo desarrollo científico. Donde Wegener ve transgresiones, acoples glaciales, continuidades tectónicas o semejanzas petroquímicas o biológicas a favor de la deriva, otros ven regresiones, absurdas relaciones y disparidades que contradicen el movilismo geológico. Por otro lado, a lo largo de las páginas de las Actas del Simposio de la A.A.P.G. se ve claramente de qué forma, en algunas ocasiones (más de las esperadas o deseables en la ciencia), los científicos se aferran a conceptos que encajan mejor con sus ideas o formas de *explicar* una serie de hechos, aunque aquellos conceptos hayan sido desacreditados por la evidencia de otros hechos o por otras teorías más coherentes. Tal es el caso, por ejemplo, de los ya mencionados puentes intercontinentales, *derrumbados* por la isostasia a partir de la cual su probabilidad de viabilidad quedó prácticamente anulada. No obstante, vemos cómo fundamentalmente los paleontólogos se obstinan en ellos. Y, además, si hay que poner en duda una teoría, como la planetesimal por ejemplo, porque contradice una explicación racional de un hecho o de una idea, *sencillamente* se hace, aunque no se preocupe el científico en cuestión de proponer otra teoría alternativa o sustituta, dejando, pues, el consiguiente vacío epistemológico.

Esto contradice totalmente el modelo de construcción del conocimiento científico por *acumulación de hechos solamente*, modelo defendido por la metodología inductivista. La ciencia no está formada sólo por *hechos comprobados*. También posee un componente teórico (*ideas*), a veces, y dependiendo de la disciplina científica, tanto o más importante que los hechos establecidos, sin cuya existencia nunca se lograrían estos hechos. Y sólo llegamos a ser plenamente conscientes de ello cuando empezamos a considerar adecuadamente la historia del pensamiento científico.

Este simplificado mecanismo del desarrollo conceptual de una ciencia nada tiene que ver, pues, ni con la acumulación de hechos comprobados ni con las inferencias inductivas, criticadas desde hace décadas por algunos grandes pensadores como Popper [1934, pp. 27-30].

Por el contrario, este proceso se enmarca más correctamente en los postulados de Cohen [1980, pp. 177-243] sobre la transformación de las ideas científicas. Este, en síntesis, afirma que *incluso las ideas más originales tienden a ser transformaciones de otras más antiguas*, y que, por otro lado, el efecto máximo de esa transformación se da siempre cuando se produce la

*intersección* entre la idea y la mente del genio *en el momento apropiado* [ibid., p. 223].

Que duda cabe de que la obra de Wegener es fruto de esa intersección afortunada, estableciendo una revolucionaria síntesis a partir de ideas anteriores, la mayoría catastrofistas, entre las que destacan las de los diluvialistas Placet, Buffon, Lillenthal, Von Humboldt y Snider-Pellegrini considerados todos ellos como precursores de la deriva<sup>11</sup> [RUPKE, 1970], obteniendo a partir de dichas ideas una transformación gradualista. No por ello se menoscaba en absoluto la genialidad del meteorólogo alemán, puesto que Wegener fue, en aquel momento, si no el único, sí al menos más que Taylor, capaz de reconocer *perlas en el barro*, utilizando palabras de Cohen [1980, p. 185].

Y aunque la obra de Wegener fue el punto de partida de una de las mayores revoluciones científicas, en el sentido de Kuhn [1962], que se han producido a lo largo de la historia del pensamiento humano, también es evidente que la deriva continental vio la luz en un momento *inadecuado* (lo que no la hace *singular* en el mundo de la ciencia). Y no precisamente por el carácter prematuro de la teoría del que habla Stent [1972] para muchos descubrimientos científicos, ni por la carencia de esos aspectos emocionales y psicológicos necesarios para todo cambio revolucionario a los que alude Bullard [1975], que, de hecho, estaban en su mayor parte ausentes. Lo inadecuado del momento se debió a que, cuando se trata de *cambio*, y, en esencia, el problema más crítico de las ideas heréticas de Wegener era precisamente esa *visión de una tierra cambiante* [ANGUITA, 1982], todos los momentos son inapropiados frente al conservadurismo científico. De ahí también su carácter revolucionario.

Sirva como prueba la aportación de uno de los mayores detractores de Wegener: la última frase del trabajo de Willis [1928, p. 82] es digna de pasar a la historia del pensamiento científico como ejemplo de lo que no se debería decir nunca en el análisis de una teoría o hipótesis. Refiriéndose a la deriva continental, Willis establecía falaz y categórico:

"Importa poco lo que pensemos de ella. El futuro la tratará imparcialmente de acuerdo con el principio de que la verdad sobrevive sola".

Desgraciadamente para ellos, ni Wegener ni sus detractores en el Simposio llegaron a ver de qué forma el futuro trataba imparcialmente al moviismo geológico.

## 5. Conclusiones

Del Simposio de la A.A.P.G. sobre la deriva continental se pueden deducir fácilmente las dificultades con las que se tropieza para poder cambiar o modificar el paradigma existente en un momento determinado del desarrollo del conocimiento científico.

Estas dificultades están expresadas perfectamente en el trabajo de Chamberlin [1928, p. 87] al recordar éste que a principios de los años veinte, en un encuentro científico, se llegó a decir que si Wegener tenía razón, habría que olvidarse de todo lo aprendido en las últimas décadas y empezar de nuevo. Dificilmente se hace *tabla rasa* en cualquier área del conocimiento, en especial cuando, como fue el caso que nos ocupa, una de las más serias dificultades que la deriva continental tenía para su aceptación procedían, de manera rotunda, de las causas, más que inverosímiles, aducidas por Wegener (y también por Taylor) para la movilidad de los continentes.

Por otro lado, también se puso en evidencia en las diversas contribuciones al Simposio el enfrentamiento prácticamente insuperable entre dos formas muy distintas de hacer ciencia: el sistema empírico-inductivo imperante en Norteamérica, y la metodología hipotético-deductiva de buena parte de los científicos europeos. Y precisamente numerosas críticas contra Wegener se dirigieron hacia su método de trabajo, acusándole en diversas ocasiones como más propio de un abogado que de un hombre de ciencia. Este aspecto epistemológico quizás sea uno de los más interesantes de todo el debate, puesto que como se vio en el Simposio, la interpretación de la realidad puede ser muy distinta dependiendo del enfoque metodológico que se le aplique, contribuyendo de esta forma a mantener nuevas (o conservar antiguas) controversias en el campo de la ciencia<sup>12</sup>.

En este sentido, recordemos que en el prólogo de la edición francesa de *La Faz de la Tierra* de Edward Suess, Marcel Bertrand escribía que esta obra señalaba *el final del primer día, el día en que se hizo la luz*. Es incuestionable que lo mismo se podría decir para *El Origen de los Continentes y Océanos* de Alfred Wegener. Porque en la ciencia, y en especial para una ciencia histórica como es la Geología, no existe *un solo* primer día, sino muchos días en los que se ha hecho la luz. Sin embargo, como se ve en esta ocasión a través de las páginas de las Actas del Simposio de la A.A.P.G., muchos científicos, debido a su *inmovilismo* (y no precisamente continental) no llegasen a contemplar nunca esa luz, y para otros haya tardado en ser contemplada más de medio siglo; incluso existen actualmente científicos, en las postrimerías del siglo XX, que se niegan a verla [BELOUSSOV, 1979; WOOD, 1980].

Hemos visto, pues, que ambas críticas, tanto a la metodología utilizada como a las causas aducidas para la deriva, fueron más que suficientes para provocar por sí solas el rechazo de la teoría.

Por último, y como derivación de lo dicho con anterioridad, la teoría de la deriva continental se puede situar perfectamente en el marco de la transformación de las ideas científicas más que en la mera acumulación de hechos comprobados.

## Agradecimientos

Quisiera agradecer al Dr. Francisco Anguita, del Departamento de Geología y Petroquímica de la Universidad Complutense de Madrid, el haberme proporcionado amablemente una copia de las Actas del Simposio de la A.A.P.G.

## NOTAS

1 Sir Harold Jeffreys no participó en el Simposio que nos ocupa, pero sí fue crítico con las ideas de la deriva desde el principio [JEFFREYS, 1923], y, aunque *tuvo tiempo suficiente* para modificar su forma de pensar (falleció en 1989 ¡a los 98 años!), jamás fue favorable al movilismo geológico. Incluso en los años 70, con la emergencia de la tectónica de placas, seguía buscando aspectos en su contra. Véase, por ej., JEFFREYS [1970].

2 Según HALLAM [1983, pp. 34-35], aunque Hutton parece no adoptar las ideas aristotélicas, en su sistema no se observan indicios de progresión o direccionalidad.

3 Con anterioridad se había discutido la hipótesis de la deriva continental en el encuentro anual de la British Association for the Advancement of Science de 1922 [WRIGHT, 1923]. También se organizó un debate ante la Royal Geographical Society un año después. En ninguna de esas discusiones participó Alfred Wegener. Véase HALLAM [1983, pp. 121-124].

4 Esta idea de Molengraaff no la podemos considerar precursora de la *hipótesis de la placa activa*, puesto que no abundó en este sentido ni sobre la génesis volcánica. La vemos más bien como uno de esos errores que nos inducen a pensar en la importancia que debe tener la enseñanza-aprendizaje de la ciencia con una dimensión histórica [GARCIA CRUZ, 1991, 1992]: cuando los alumnos se inician en los mecanismos de la deriva continental, suelen cometer el mismo *error conceptual*, afirmando que el vulcanismo en las dorsales es fruto de la separación de las placas, y no el que éstas se separan porque fluye material volcánico. A pesar de lo dicho, y dentro del concepto de placa activa (que no ha dejado de ser una hipótesis más o menos aceptable), el vulcanismo en las dorsales podría estar también motivado por la separación de las placas (véase, por ej., COX y HART

[1986, pp. 338-343]). Quizás la relación entre volcanismo y movimiento de placas sea una especie de mútua influencia, aunque en su origen, el proceso inicial, que provocó además la fracturación de los continentes, debió ser la extrusión volcánica. De cualquier forma, da la impresión de que los alumnos, en el aprendizaje de las ciencias, sigan los mismos pasos que los científicos en la construcción de los conocimientos.

5 Previamente había realizado la recensión para *Nature* de la edición inglesa de 1924 de la obra de Wegener [GREGORY, 1925].

6 La Unión Astronómica Internacional siguió interesándose por este tema, celebrando diferentes simposios que aportaron datos sumamente importantes al respecto. Véanse BROUWER [1959]; MARKOWITZ y GUINOT [1968]; MELCHIOR y YUMI [1972]; McCARTHY y PILKINGTON [1979]; BABOCK y WILKINS [1988].

7 DUTTON [1889] simplemente definió el concepto de isostasia. Este fenómeno había sido observado originalmente durante la expedición geodésica hispano-francesa al Perú en el siglo XVIII [BOUGUER, 1749]; por otro lado, AIRY [1855] y PRATT [1855] emitieron sendos modelos de la isostasia, prevaleciendo el del primero. Sobre las vicisitudes y controversias de la mencionada expedición, véase LAFUENTE y MAZUECOS [1987].

8 Este tipo de acusación parece ser habitual en Geología siempre que se trata de oponerse a un cambio de paradigma. Tal fue el caso también de la crítica de Sedgwick sobre el lenguaje de abogado utilizado por Lyell en sus *Principios de Geología*, aunque en este caso usado con cierta *propiedad*, puesto que Lyell realmente lo era.

9 Isaac Newton es un insigne representante del *novum organum* baconiano y por lo tanto del empirismo inductivista, lo que ya ha sido considerado, entre otros, por COHEN [1980, pp. 24-27]. El propio Newton lo expresa claramente cuando, respecto de su método de análisis, afirma en su *Optica* [1707, p. 349]: *Este análisis consiste en realizar experimentos y observaciones, en sacar de ellos conclusiones generales por inducción... pues las hipótesis no han de ser tenidas en cuenta en la filosofía experimental*, de tal forma que distingue entre esta última y las *hipótesis metafísicas*. También está implícito en las sucesivas ediciones de los *Principia* al sustituir el término *hipótesis* por *fenómeno* [NEWTON, 1728, pp. 615-661]. Por otro lado, y con evidentes *intenciones* inductivistas, se expresaba casi un siglo antes KEPLER [1619, pp. 178-179] cuando da a conocer en el *Proæmium* del *Liber V* de su *Harmonices Mundi*, que su tercera ley, que había venido *imaginando y profetizando* desde muy joven, había llegado a demostrarla, es decir, a *aceptarla*, después de ¡veintidós años! de cálculos astronómicos. Es evidente que E.W. Berry desconocía esta última y quizás otras muchas *anécdotas* de la historia de la ciencia cuando afirmaba en su contribución al Simposio que *la imaginación, por sí misma, nunca ha ensanchado los límites del conocimiento* [BERRY, 1928, p. 194].

10 Véase *Nature* [1926, 13 de Febrero, pp. 246-247].

11 Aunque ha sido habitual el citar a Francis Bacon como precursor de Wegener (véanse, por ej., BOTT [1982, p. 77], HOLMES [1965, p. 482], HURLEY [1968, p. 53], SCHUCHERT [1928, p. 113], TARLING y TARLING [1971, p. 1]), una lectura atenta de su obra [BACON, 1620, p. 185] nos dice que jamás planteó

una similitud de costas en este sentido, ya que su comparación se ceñía a las costas occidentales de América (Perú) y Africa como ejemplo de lo que él llamaba *hechos análogos*. Este tipo de errores se debe esencialmente a la utilización continuada de referencias indirectas, y no de fuentes originales.

12 Véase al respecto la interesante obra de MÜLLER *et al.* [1991].

## BIBLIOGRAFIA

ANGUITA, F. (1982) "Una comparación entre Charles Darwin y Alfred Wegener, sus actitudes científicas y la aceptación de sus teorías". En: *Actas del II Simposio Nacional sobre la Enseñanza de la Geología*. Gijón, Septiembre de 1982, 274-287.

AIRY, G. B. (1855) "On the computation of the effect of the attraction of mountain-masses, as disturbing the apparent astronomical latitude of stations in geodetic surveys". *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B*, 145, 101-104.

BABOCK, A.K. y WILKINS, G.A. (eds.) (1988) *Rotation of the earth*. International Astronomical Union, Symp. No. 128, Coolfont, West Virginia, U.S.A., 20-24 octubre, 1986. Dordrecht, Kluwer Academy Publishers, 470 pp.

BACON, F. (1620) *Novum organum*. Madrid, Ed. Sarpe, 301 pp. [Traducción española, 1984].

BELOUSSOV, V.V. (1979) "Why do I not accept plate tectonics?" *EOS Trans., Am. Geophy. Union*, 60(17), 207-211 (24 Abril).

BERRY, E.W. (1928) "Comments on the Wegener hypothesis". En: Van der Gracht [1928a], 194-196.

BOTT, M.P.H. (1982) *The interior of the Earth: its structure, constitution and evolution*. Londres, Edward Arnold (Publishers) Limited, 2ª ed., 403 pp.

BOUGUER, P. (1749) *La Figure de la Terre*. París, Ch.-A. Jombert, 364 pp.

BOWIE, W. (1928) "Comments on the Wegener hypothesis". En: Van der Gracht [1928a], 178-187.

BROUWER, D. (ed.) (1959) *The rotation of the Earth and atomic time standards*. International Astronomical Union, Symp. No. 11, Moscú, Agosto 1958. En: *Astronomical Jour.*, 64(1268), 81-124.

BULLARD, E.C. (1975) "The emergence of plate tectonics: a personal view". *An. Rev. Earth & Planet. Sci.*, 3, 1-30.

CHAMBERLIN, R.T. (1928) "Some of the objections to Wegener's theory". En: Van Der Gracht [1928a], 83-87.

COHEN, I.B. (1980) *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Madrid, Alianza Universidad, 425 pp. [Traducción española, 1983].

COX, A. y HART, R.B. (1986) *Plate tectonics: how it works*. Cambridge (Ma.), Blackwell Scientific Publications, 392 pp.

DANA, J.D. (1847) "Geological results of the Earth's contraction in consequence of cooling". *Am. J. Sci.*, 3(2ª ser.), 176-188.

DESCARTES, R. (1644) *Principes de la Philosophie*. Tomo IX-2 de *Oeuvres* de Descartes, publicadas por C. Adams y P. Tannery, 1904; edición de 1989. París, Librairie Philosophique J. Vrin, 362 pp.



DUTTON, C.E. (1889) "On some of the greater problems of physical geology". *Bull. Wash. Phil. Soc., Section B, 11*, 51-64.

ELIADE, M. (1951) *El mito del eterno retorno*. Madrid, Alianza Editorial, 174 pp. [Traducción española, 1968; edición 1972].

ELIE DE BEAUMONT, L. (1829-30) "Recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différens exemples de coincidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changemens soudains qui ont produit les lignes de demarcation qu'on observe entre certains étages consecutifs de terrains de sédiments." *Ann. Sci. Nat.* 18, 5-25 y 284-416 (1829); 19, 5-99 y 177-240 (1830); *Rev. Française*, 15, 1-58 (1830).

GARCIA CRUZ, C.M. (1992) "La historia de la ciencia en la futura enseñanza secundaria. Reflexiones en torno al Diseño Curricular Base". *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 115-118.

GARCIA CRUZ, C.M. (1992) "Tectónica de placas: una propuesta didáctica desde la historia de la ciencia". *VII Congreso de la Asociación Canaria para la Enseñanza de la Ciencia "Viera y Clavijo"*, La Laguna (Tenerife), 21-26 Septiembre.

GOULD, S.J. (1984) "Toward the vindication of punctuational change". En: W.A. Berggren y J.A. Couvering (eds.), *Catastrophes and Earth History. The New Uniformitarianism*. Princeton, Princeton University Press, cap. 1, 9-34.

GOULD, S.J. (1987) *La flecha del tiempo*. Madrid, Alianza Universidad, 232 pp. [Traducción española, 1992].

GREGORY, J.W. (1925) "Continental drift". *Nature*, 115(2886), 255-257.

GREGORY, J.W. (1928) "Wegener's hypothesis". En: Van der Gracht [1928a], 93-96.

HALLAM, A. (1973) *De la deriva de los continentes a la tectónica de placas*. Barcelona, Editorial Labor, 173 pp. [Traducción española, 1976].

HALLAM, A. (1975) "Alfred Wegener and the hypothesis of continental drift". *Sci. Am.*, 232(2), 88-97.

HALLAM, A. (1983) *Grandes controversias geológicas*. Barcelona, Editorial Labor, 180 pp. [Traducción española, 1985].

HOLMES, A. (1965) *Geología física*. Barcelona, Editorial Omega, 512 pp. [Traducción española, 1971, 6ª ed.].

HUTTON, J. (1795) *Theory of the Earth*. Edimburgo; Cadell, Jr. & Davies, vol. I, 620 pp.

HURLEY, P. M. (1968) "The confirmation of continental drift". *Sci. Am.*, 218(4), 53-64.

JEFFREYS, H. (1923) "Hypothesis of continental drift". *Nature*, 111(2789), 495-496.

JEFFREYS, H. (1924) *The Earth*. Cambridge, Cambridge University Press, 278 pp.

JEFFREYS, H. (1970) "Imperfections of elasticity and continental drift". *Nature*, 255, 1007-1008.

JOLY, J. (1928) "Continental movement". En: Van der Gracht [1928a], pp. 88-89.

KEPLER, J. (1619) *Harmonices Mundi*. Bruselas, Impresion Anastaltique [facsimilar, 1968], 255 pp. [Biblioteca del Instituto Astrofísico de Canarias, La Laguna, Tenerife].

KUHN, T.S. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica, 319 pp. [Traducción española, 1971].

LAFUENTE, A. y MAZUECOS, A. (1987) *Los caballeros del punto fijo*. Barcelona, Ed. El Serbal-C.S.I.C., 256 pp.

LE GRAND, H.E. (1988) *Drifting continents and shifting theories*. Cambridge, Cambridge University Press, 313 pp.

LONGWELL, Ch.R. (1928) "Some physical tests of the displacement hypothesis". En: Van der Gracht [1928a], 145-157.

MARKOWITZ, W. y GUINOT, B. (eds.) (1968) *Continental drift, secular motion of the pole, and rotation of the Earth*. International Astronomical Union, Symp. No. 32, Siresa, Italia, 21-25 marzo, 1967. Dordrecht, D. Reidel Publ., 109 pp.

MCCARTHY, D.D. y PILKINGTON, J.D.H. (eds.) (1979) *Time and Earth's rotation*. International Astronomical Union, Symp. No. 82, San Fernando, España, 8-12 Mayo, 1978. Dordrecht, D. Reidel Publ., 332 pp.

MELCHIOR, P. y YUMI, S. (eds.) (1972) *Rotation of the Earth*. International Astronomical Union, Symp. No. 48, Morika, Japón, 9-15 mayo, 1971. Dordrecht, D. Reidel Publ., 244 pp.

MOLENGRAAFF, G.A.F. (1928) "Wegener's continental drift". En: Van der Gracht [1928a], pp. 90-92.

MÜLLER, D.W., MCKENZIE, J.A. y WEISSERT, H. (eds.) (1991) *Controversies in modern geology*. Londres, Academic Press Ltd., 490 pp.

MURPHY, J.B. y NANCE, R.D. (1992) "Las cordilleras de plegamiento y el ciclo supercontinental". *Investigación y Ciencia*, 189, 22-30.

NANCE, R.D., WORSLEY, T.R. y MOODY, J.B. (1988) "El ciclo del supercontinente". *Investigación y Ciencia*, 144, 36-43.

NEWTON, I. (1707) *Optica*. Madrid, Editorial Alfabuara, 454 pp. [Traducción española, 1977].

NEWTON, I. (1728) "Sobre el sistema del mundo". En: *Principios matemáticos de filosofía natural*. Madrid, Alianza Editorial, Tomo 2º, Libro III, pp. 610-786 [Traducción española, 1987].

POPPER, K.R. (1934) *La lógica de la investigación científica*. Madrid, Editorial Tecnos, 451 pp. [Traducción española, 1962].

PRATT, J. H. (1855) "On the attraction of the Himalaya mountains and of the elevated region beyond them, upon the plumb-line in India". *Philos. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B*, 145, 53-100.

RUPKE, N.A. (1970) "Continental drift before 1900". *Nature*, 227, 349-350.

SCHUCHERT, Ch. (1928) "The hypothesis of continental displacement". En: Van der Gracht [1928a], 104-144.

SENGÖR, A.M.C. (1991) "Timing of orogenic events: a persistent geological controversy". En: Müller *et al.* [1991], cap. 19, 405-473.

SINGEWALD, J.T., Jr. (1928) "Discussion of Wegener theory". En: Van der Gracht [1928a], 189-193.

STENT, G.S. (1972) "Prematurity and uniqueness in scientific discovery". *Sci. Am.*, 227, 84-93.

TARLING, D.H. y TARLING, M.P. (1971) *Derivas continentales*. Madrid, Ed. Alhambra, 124 pp. [Traducción española, 1975].

TAYLOR, F.B. (1910) "Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan". *Bull. Geol. Soc. Am.*, 21, 179-226.

TAYLOR, F.B. (1928) "Sliding continents and tidal and rotational forces". En: Van der Gracht [1928a], 158-177.

VAN DER GRACHT, W.A.J.M. van W. (ed.) (1928a) *Theory of continental drift. A symposium on the origin and movement of land masses both intercontinental and intracontinental, as proposed by Alfred Wegener*, (Nueva York, 1926). Londres, American Association of Petroleum Geologists, 230 pp.

VAN DER GRACHT, W.A.J.M. van W. (1928b) "Introduction: The problem of continental drift". En: Van der Gracht [1928a], 1-75.

VAN DER GRACHT, W.A.J.M. van W. (1928c) "Remarks regarding the papers offered by the other contributors to the Symposium". En: Van der Gracht [1928a], 197-220.

WEGENER, A. (1912a) "Die Entstehung der Kontinente". *Peterm. Mitt.*, 185-195, 253-256, 305-309.

WEGENER, A. (1912b) "Die Entstehung der Kontinente". *Geol. Rundsch.*, 3(4), 276-292.

WEGENER, A. (1928) "Two notes concerning my theory of continental drift". En: Van der Gracht [1928a], 97-103.

WEGENER, A. (1929) *El origen de los continentes y océanos*. Madrid, Editorial Pirámide, 230 pp. [Traducción española, 1983, de la 4ª ed. alemana].

WHITE, D. (1928) "Discussion of floating continents". En: Van der Gracht [1928a], 187-188.

WILLIS, B. (1928) "Continental drift". En: Van der Gracht [1928a], 76-82.

WOOD, R.M. (1980) "Geology versus dogma: the Russian rift". *New Scientist*, 86, 234-237.

WRIGHT, W.B. (1923) "The Wegener hypothesis. Discussion at the British Association". *Nature*, 111, 30-31.