

LA FILOSOFÍA GEOLÓGICA EN LOS INICIOS DEL SIGLO XX: MARCO EPISTEMOLÓGICO DE LA DERIVA CONTINENTAL

*The geological philosophy at the beginnings of the 20th century:
Epistemological framework of continental drift*

Cándido Manuel García Cruz *

RESUMEN

Se analizan las ideas más importantes que configuraban la filosofía geológica en las primeras décadas del siglo XX, en especial aquellas teorías e hipótesis que condicionaron tanto el rechazo de la deriva continental como su desarrollo posterior. Entre éstas ideas destacan la isostasia, los puentes intercontinentales, las corrientes convectivas, la teoría de la contracción, el glaciario, la hipótesis planetesimal, la teoría del geosinclinal, el permanentismo, los mantos de corrimiento y los ciclos termales.

ABSTRACT

The major ideas that shaped the geological philosophy at the first decades of the 20th century are analysed, specially those theories and hypotheses that determined both the rejection of continental drift and its later development. Among these ideas are outstanding isostasy, land-bridges, convection currents, contraction theory, glaciary, planetesimal hypothesis, geosyncline, permanence theory, nappes, and thermal cycles.

Palabras clave: Historia de la geología, deriva continental, epistemología, siglo XX.

Keywords: History of geology, continental drift, epistemology, 20th century.

INTRODUCCIÓN

Cuando se inició la andadura de la teoría de la deriva continental, en las primeras décadas del s. XX, 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 algunas 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, y a la Física, con las teorías de la relatividad y mecánica cuántica, mientras que la Química, mucho más precoz, había adquirido un *corpus* unificador mediante la teoría del oxígeno a lo largo de la segunda mitad del s. XVIII.

Sin embargo, esto no había ocurrido con la Geología por motivos muy diversos. Entre otros, y fundamentalmente como herencia cultural ineludible, se encuentra el hecho de que durante siglos se había mantenido la dependencia bíblica en cuanto a la interpretación del medio natural. En un mundo que había sido creado por Dios como destino final y hábitáculo para la especie humana, todo lo que se podía, y debía, saber sobre el *origen* del globo y, evidentemente, también sobre su *fin*, se encontraba en las Escrituras; además, ante cualquier duda temporal, lo más *coherente* era recurrir a la cronología mosaica.

La complejidad intelectual que emana de esto queda de manifiesto por un dato revelador: en apenas dos siglos, desde 1644, en que aparece los *Principia Philosophiae* de René Descartes, hasta 1830, año de publicación del primer volumen de los *Principles of Geology* de Charles Lyell, se habían escrito más de doscientas *teorías de la tierra* o modelos de interpretación del planeta (Magruder, 1999, 2000). En algunos de dichos modelos se propugnaba la reconciliación entre realidad y fe, mientras que otros, independientes de esta última, se situaban dentro de esa corriente herética, muy *peligrosa* en palabras de Voltaire, que pretendía desvelar los misterios del planeta sin apelar a la *hipótesis divina*; incluso en algunos casos existían presupuestos totalmente eclécticos. Pero en todos, sin excepción, había siempre un cometido común: dar respuesta al mismo tipo de preguntas en relación, principalmente, con la edad de la tierra, el origen de las montañas, el *tempo* y *mode* de los cambios que había sufrido el planeta, la dependencia y el orden natural de dichos cambios, su contingencia y posibilidad de reconstrucción, y el resultado final de estas transformaciones.

Como consecuencia de semejante *promiscuidad*, o quizás *a pesar de ella*, la Geología inició una profunda renovación especialmente desde finales del s. XVIII. La ciencia ilustrada había *dado a luz* toda una serie de obras que sentarían las bases para la inde-

* I.E.S. Cruz Santa, 38413 Los Realejos, Santa Cruz de Tenerife. cgarcru@gobiernodecanarias.org. Miembro de INHIGEO (International Commission on the History of Geological Sciences).

pendencia prácticamente total entre lo que constituía el *registro geológico* respecto del *registro divino*. Al mismo tiempo había heredado del inductivismo baconiano un mayor énfasis en la observación y en la experimentación, frente a las respuestas que emanaban directamente del viejo *organon* aristotélico, es decir, del *sentido común* y de la *intuición*. El abuso de esta metodología, por otro lado, representó también una ruptura frente al método hipotético-deductivo, y se convertiría además, en el transcurso de los dos siglos siguientes, en un nuevo obstáculo epistemológico para muchos aspectos de las ciencias de la tierra (García Cruz, 1998a), con un fiel reflejo entre las causas que motivaron el rechazo del movi­lismo geológico.

En un camino abonado previamente en otros derroteros sociales, estos cambios comenzaron de manera “oficial” con la publicación por James Hutton de las diferentes versiones de su *Theory of the Earth* (1785, 1788, 1795), divulgada con mucha mayor eficacia en las *Illustrations of the Huttonian theory of the earth* por su amigo y matemático John Playfair (1802). Algunas décadas después aparecerían los *Principles of Geology* (1830-1833), de Lyell. Desde el punto de vista de la filosofía geológica, estas obras contenían los fundamentos epistemológicos esenciales, por un lado, para la concreción dentro de la Geología del *principio actualista-uniformitarista* (Cabezas Olmo, 2002; García Cruz, 1998c, 1999a, 2000, 2001a; Sequeiros, 1997), opuesto al catastrofismo imperante en la gran mayoría de los pensadores de la época, y por otro, y como corolario, para la asunción del *tiempo profundo*, independiente totalmente de la cronología mosaica. De esta forma, y a pesar de que, de acuerdo con Gould (1987), la visión tanto de Hutton como de Lyell era *ahistórica*, la Geología se incorporaba al debate de la interpretación *histórica* de un mundo en el que existía un *pasado* que se reconocía anterior a la presencia humana, con la utilización de una metodología, en apariencia, *nueva* que desembocaría en su modernización como ciencia.

LA CIENCIA DE LA GEOLOGÍA A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

Cuando Alfred Wegener propuso la deriva continental, entre 1912 y 1929, la teoría geotectónica había alcanzado un importante desarrollo debido a un conjunto de experiencias, observaciones, y aspectos teóricos que le fueron proporcionando a la Geología un nuevo *corpus* doctrinal a lo largo del s. XIX (Greene, 1978).

Entre estas ideas destacan el descubrimiento de las anomalías gravimétricas que dieron lugar al establecimiento de la *teoría de la isostasia*; la idea de un enfriamiento progresivo del planeta que condujo a la *teoría de la contracción* como explicación de las orogenias; la aceptación de la *era glacial* que supuso uno de los embates más sólidos en contra del diluvialismo; la relación entre procesos geodinámicos externos y procesos tectónicos establecida a través de la *teoría del geosinclinal*; el fin de la controversia



Fig. 1. Alfred L. Wegener (1880-1930).

sobre los *mantos de corrimiento*; las conexiones biogeográficas intercontinentales mediante la *hipótesis de los puentes terrestres*; o el nuevo marco teórico de la *hipótesis planetesimal* como explicación del origen del sistema solar y consecuentemente de la tierra como planeta.

Todas estas ideas constituirían parte de la filosofía geológica de la época, por otro lado *bien establecida* al quedar en su mayoría incorporadas a *Das Antlitz der Erde*, obra cumbre de Eduard Suess en varios volúmenes aparecidos entre 1885 y 1909.

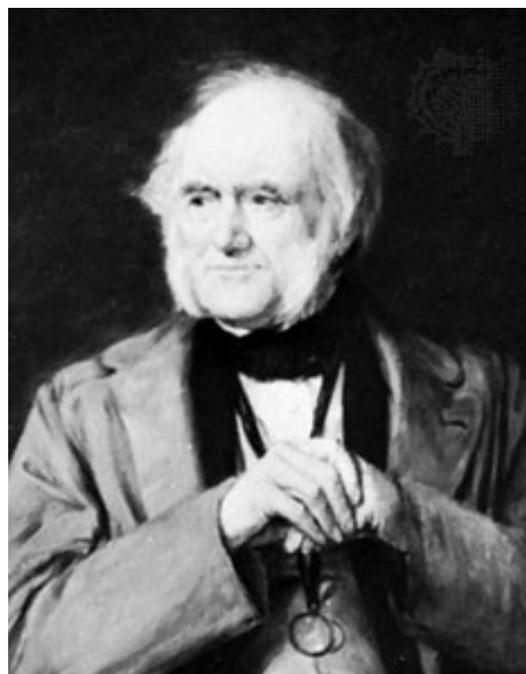


Fig. 2. Charles Lyell (1797-1875).

Al amparo también de esta filosofía geológica oficial nos encontramos con una conclusión importante que se conocería como *teoría de la permanencia* o *permanentismo*, según la cual la configuración definitiva de los grandes caracteres terrestres, a saber, *la distribución de mares y de continentes*, había quedado establecida prácticamente desde las últimas etapas del Proterozoico.

Simultáneamente, el descubrimiento de la radiactividad a finales del s. XIX y su aplicación a los materiales terrestres trajo una serie de consecuencias esenciales e ineludibles para la geología. Se dio paso a los estudios que acabarían por establecer una estimación bastante fiable de la edad de la tierra, y se pudo así empezar a reconstruir la cronología absoluta de los acontecimientos geológicos. Además, esta nueva fuente de calor fue la base de nuevas hipótesis sobre el funcionamiento del planeta, como la de los *ciclos termales*, y permitió asimismo la concreción de las *corrientes subcorticales*.

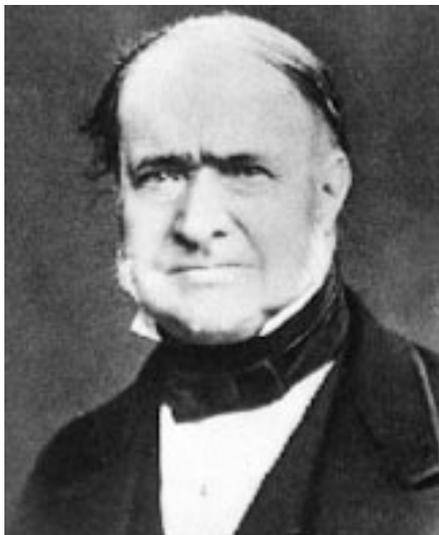


Fig. 3. Léonce Élie de Beaumont (1798-1874).

En un marco científico como éste, surgió durante las primeras décadas del s. XX la teoría de los desplazamientos continentales, sin duda alguna, una de las ideas que mayor controversia provocó en la comunidad científica por su enorme incidencia sobre una gran diversidad de disciplinas. No sólo afectó a la Geología, sino que influyó en el conjunto de todas las Ciencias de la Tierra, e hizo tambalearse también los cimientos de la Biogeografía, o de la Paleoclimatología que empezaba a dar sus primeros pasos, con repercusiones más que evidentes para las Ciencias de la Vida, en particular para la Paleontología y los procesos evolutivos. También, como se vería en las décadas siguientes, su influencia fue crucial en el campo de la economía que, por otro lado, había contribuido de forma decisiva precisamente en el desarrollo de la ciencia geológica, de una manera muy especial en América (Lucier, 1999).



Fig. 4. Louis Agassiz (1807-1873).

En los párrafos que siguen se hace un breve resumen histórico de todas estas ideas que constituían la filosofía geológica de la época y que de una forma u otra influyeron sobre la teoría movilista.

TEORIA DE LA CONTRACCION. Durante el s. XVII, algunos autores habían afirmado que la tierra se había ido encogiendo mientras se solidificaba y endurecía la parte más externa, lo que en gran medida habría condicionado la estructura del paisaje. Entre estos autores se encuentra René Descartes, en cuyo modelo cosmogónico, establecido en la cuarta parte de sus *Principia Philosophiae*, la tierra era un sol en la actualidad *apagado* y en colapso (Descartes, 1644, pp. 217-225). También, Isaac Newton, en una carta dirigida a Thomas Burnet en 1681, sostenía que la desgasificación explosiva de la tierra, y el consiguiente arrugamiento, eran los responsables de la configuración externa del planeta. Ya el siglo XVIII, el astrónomo Jean Sylvain Bailly había planteado en su *Histoire de l'Astronomie Moderne* la existencia de un fuego interior en los planetas, que progresivamente iba decayendo hasta apagarse. Estas ideas se concretarían, en un principio, en la *teoría geométrica* de la tierra como consecuencia de esta contracción, cuyo origen se remonta a las analogías cristalográficas establecidas por Élie de Beaumont (1829, 1850) con la esfera terrestre para la formación y disposición de las montañas. Abandonada su *simetría octaédrica* inicial, el mismo autor propuso una *red pentagonal* basada en el icosaedro. En esta red se acoplaban los sistemas montañosos europeos en las intersecciones de quince anillos que rodeaban la estructura *icosaédrica* de la tierra. Algunos años después, W.L. Green, en un artículo de 1857 (como libro en 1875), propuso su modelo *tetraédrico* para poder explicar la aparente distribución asimétrica de continentes y océanos en el hemisferio sur. El *colapso* de esta estructura geométrica daba lugar a las cadenas monta-

ñasas¹. Estas ideas serían la base de la *teoría de la contracción* propuesta inicialmente por Élie de Beaumont (1829), y más tarde también por Prévost (1839-40), según la cual la tierra debía haber pasado por un estado de incandescencia de acuerdo con la *hipótesis nebular* sobre el origen del sistema solar, incorporada también décadas después a la *hipótesis planetesimal*. Consecuentemente, el planeta se habría ido contrayendo, conforme se enfriaba a lo largo del tiempo. La liberación de la tensión compresiva en la capa externa durante este colapso térmico era la causa de la actividad tectónica, y se habrían formado así las montañas; en otras palabras, las cadenas montañosas no eran sino *arrugas* en respuesta a un enfriamiento progresivo. Esta teoría sería desarrollada en los años siguientes por diversos autores, entre los que destacan Dana (1847, 1873a,b), Suess (1875, 1885), Davison (1887), Darwin (1887), y más tarde Jeffreys (1924, 1926), incorporándose a esa filosofía geológica *oficial* contra la que se enfrentaba Wegener².



Fig. 5. James D. Dana (1813-1895).

HIPOTESIS PLANETESIMAL. Esta hipótesis fue invocada por algunos detractores de Wegener en contra de las causas de la deriva continental. Explica el origen de los cuerpos planetarios, entre ellos la tierra, mediante la *acreción de planetoides* o *planetesimales*. Fue propuesta a principios del s. XX en oposición a la *teoría nebular* de Kant (1755) y Laplace

(1796a,b). La idea inicial, meramente descriptiva, se debe a Chamberlin (1901) y Moulton (1905), y sugeriría la colisión del sol con otra estrella. El material desprendido se habría condensado en pequeños cuerpos denominados *planetesimales*, cuya agregación o acreción posterior dio lugar a los diferentes planetas. Sobre esta idea, Jeans (1917, 1919, caps. I y XII, 1923, 1924) introdujo la *hipótesis mareal*, según la cual el paso de una estrella más masiva que el sol provocó sobre éste un efecto mareal. La condensación diferencial del material en el filamento formado originaba los planetas. Esta hipótesis ha tenido diversos añadidos y modificaciones (entre otros, Jeffreys, 1929; Weizsäcker, 1944, 1946; Kuiper, 1951). Actualmente cohabita junto a nuevas ideas que tienden a explicar mejor el origen del sistema solar³.



Fig. 6. Eduard Suess (1831-1914).

TEORIA DE LA ISOSTASIA. El fenómeno de la isostasia explica la *tendencia* al equilibrio entre las masas terrestre, más específicamente entre las cortezas continental y oceánica. El término fue acuñado por Dutton en 1889, y su descubrimiento se remonta al

(1). Véase Bertrand (1900a,b), Gregory (1899), Hobbs (1921, p. 84-85), Holmes (1965, pp. 17-18), Sacco (1906), Vallaux (1933, pp. 23-24), Wood (1985, pp. 14-23).

(2). Véase además Greene (1982, cap. 10), Holton y Brush (1976, pp. 421-428), Oreskes (1999, caps. 1-2), See (1907), Woods (1985, cap. 2-3).

(3). Sobre la historia de las distintas teorías, véase Brown y Mussett (1981), Brush (1981), Jaki (1978, caps. 5-8), Ter Haar y Cameron (1963), Woolfson (1993). Véase también Anguita (1988, pp. 130-135, 1993, pp. 89-95), Chamberlin (1905, pp. 195-254, 1906, cap. 1, 1909, 1916, pp. 1-9), Dermott (1978), Gamow (1963, pp. 25-31), Mather y Mason (1939, pp. 618-630), Moore (1957, cap. 13), Newton y Jones (1990), North (1994, cap. xvi), Ringwood (1979), Runcorn et al. (1988), y Ruskol (1981).

s. XVIII, durante la expedición geodésica hispano-francesa al Perú con objeto de establecer con precisión la longitud del meridiano terrestre y zanjar la controversia sobre la figura de la tierra (Bouguer, 1749; Fernie, 1991a, 1991b, 1992; Lafuente y Delgado, 1984; Lafuente y Mazuecos, 1987; Ruiz Morales y Ruiz Bustos, 2000; Smith, 1987; Todhunter, 1873). Las *anomalías gravimétricas* observadas en las masas continentales se entendían como una ordenación de la masa provocada de algún modo por la topografía. Durante mucho tiempo se discutieron diversos modelos de equilibrio isostático (Airy, 1855; Pratt, 1855) para explicar esta compensación. Aunque Suess se oponía a la idea de la isostasia, ésta tuvo una aceptación prácticamente general poco antes del fallecimiento del geólogo austriaco en 1914 (Greene, 1982, pp. 269-270). En los años 1920 no existían suficientes datos para dilucidar cuál de los dos modelos era el correcto; incluso el propio Wegener (1929, p. 47) sugirió una solución ecléctica para sus explicaciones corticales: modelo de Airy para las cadenas montañosas, y modelo de Pratt para la transición hasta los fondos oceánicos. Esta solución parece estar más cerca de la realidad para determinadas situaciones, a pesar de que durante décadas ha predominado el ajuste de Airy⁴.

TEORIA DE LOS CICLOS TERMALES. Esta teoría, debida fundamentalmente a John Joly, fue una consecuencia directa de la aceptación de la radiactividad como fuente de calor interno del planeta. Consideraba que la tierra pasaba por ciclos de fusión y resolidificación como consecuencia de este calor interno, que a su vez sería el responsable de los cambios observables en los caracteres de la superficie terrestre (Joly, 1923, 1925, 1928; Joly y Poole, 1927; Greene, 1982, cap. 12). Una parte importante de la discusión de la teoría de Wegener se centró en el análisis de las ideas de Joly (entre otros, Van der Graacht, 1926, pp. 42-54⁵).

TEORIA DEL GEOSINCLINAL. Los geosinclinales constituían importantes unidades estructurales y sedimentarias de la corteza terrestre, situadas generalmente de forma paralela a los márgenes continentales. En ellos se acumulaban los depósitos sedimentarios que posteriormente eran deformados durante las orogénesis. Mediante este concepto se intentaban explicar los fenómenos tectónicos y orogénicos en relación con la evolución de las cuencas sedimentarias. La "idea" fue propuesta por James Hall of Albany (1811-1898) en una conferencia impartida en 1857 en el encuentro anual de la *American Association for the Advancement of Science* en Montreal, aunque no se publicó hasta 1882. El "término" sería acuñado en 1873 por James D. Dana, quien además contribuyó a su desarrollo como teoría científica.

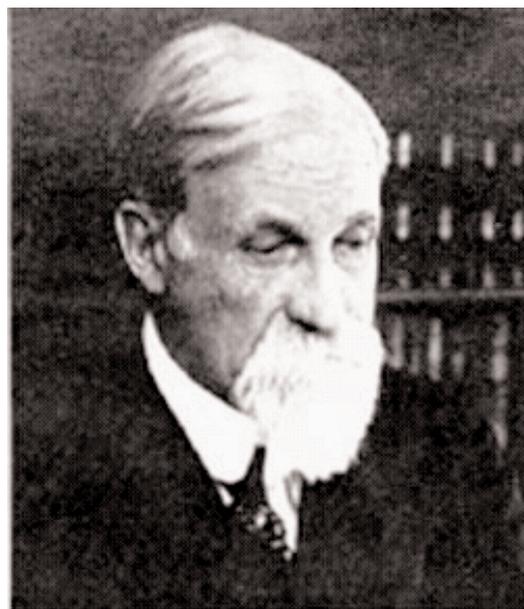


Fig. 7. Thomas C. Chamberlin (1842-1928).

Llegó a constituir uno de los más importantes paradigmas geológicos durante más de un siglo, y aunque sucumbiría a partir de la Tectónica de Placas, aún en la actualidad perviven algunos conceptos en relación con esta idea⁶.

TEORIA GLACIAL. La discusión sobre las evidencias glaciales a escala global o regional fue trascendental para la concreción de la deriva continental. Históricamente el *glaciarismo* constituyó una interesante controversia geológica durante las primeras décadas del s. XIX. La existencia de ciertos depósitos de materiales, incluyendo los bloques erráticos, constituía una *prueba irrefutable* del diluvio universal. Sin embargo, Hutton (1795, vol. II, p. 212), y su intérprete Playfair (1802, sec. 342-367) defendían el transporte de los grandes bloques y la sedimentación de ciertos materiales mediante la acción del hielo acumulado en los glaciares. Las observaciones posteriores de J.P. Perraudin, I. Venetz, J. de Charpentier y K. Schimper, permitieron a Louis Agassiz, tras su "conversión", establecer la *teoría glacial* a finales de los años 1830. En ésta se defendía que inmensas capas de hielo y glaciares ocuparon una basta extensión de la superficie terrestre, mucho mayor que en la actualidad, y su dinámica fue la responsable de una serie de fenómenos de erosión, transporte y sedimentación, entre otros, la situación de los bloques erráticos, o las estrías y surcos en ciertas superficies rocosas. A pesar de la oposición de personalidades

(4). Véase Barrell (1919), Joly (1925, cap. II), Mather (1967, pp. 93-99), y Moore (1957, cap. 12), y el apartado sobre Puentes Terrestres.

(5). En la trad. castellana, pp. 57-65 (véase la bibliografía).

(6). Véase además Anguita (1990), Aubouin (1959), Billings (1942, cap. III, p. 54), Bond y Kominz (1988), Dana (1873a,b, 1880, p. 817), Dott (1979), Glaessner y Teichert (1947), Greene (1982, cap. 5), Gregory (1982), Hall (1859), Mark (1992), Trümpy (2003), Wang (1972).

como A. von Humboldt, R. Murchison o L. von Buch, e inicialmente también Lyell, el glaciario si impuso sobre otras ideas, y llegó incluso a provocar la *conversión* de uno de los grandes diluvialistas como William Buckland⁷. Por otro lado, ya entrado el s. XX, se seguía discutiendo sobre la verdadera naturaleza glacial de ciertos depósitos sedimentarios determinantes para la teoría de los desplazamientos, como las arcillas de Squantum (Massachusetts), interpretadas en principio como tillitas (Crowell, 1957; Dott, 1961).



Fig. 8. Charles Schuchert (1856- 1942).

PUENTES TERRESTRES. La idea de puentes intercontinentales, episódicos y esporádicos, había sido invocada ya desde el siglo XVII para poder explicar el poblamiento humano de Norteamérica, bien a través de mares helados (Hornius, 1669) o de auténticas conexiones terrestres (Hale, 1677). Eduard Suess la desarrollaría posteriormente, entre 1855 y 1909, incorporando sus principales aspectos paleogeográficos como explicación de las rutas migratorias en su obra cumbre, *Das Antlitz der Erde*, razón por la cual fue una de las ideas fundamentales a las que tuvo que enfrentarse Wegener en tanto que el moviismo geológico hacía innecesaria su existencia. Esta teoría estuvo muy arraigada hasta bien entrado el siglo XX (véase algunos ejemplos importantes: Furon, 1958, pp. 40-43; Le Danois, 1938, pp. 59-74; Schuchert, 1932;

Simpson, 1940, 1943; Termier y Termier, 1979; Willis, 1932), a pesar de que Vening Meinesz (1926) había confirmado que la isostasia podía aplicarse tanto a las masas continentales como a los fondos oceánicos, lo que imposibilitaba definitivamente la existencia de los puentes⁸. En 1949 tuvo lugar un simposio en el que se analizaron tanto las ideas a favor como las contrarias sobre las conexiones terrestres en el Atlántico Sur, especialmente durante el Mesozoico (Mayr, 1952; Holmes, 1953).

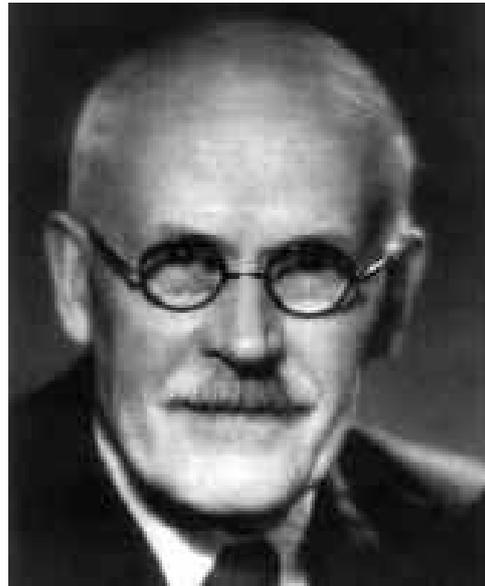


Fig. 9. Harold Jeffreys (1891-1989).

CORRIENTES CONVECTIVAS. El fenómeno de *convección subcortical* fue sugerido inicialmente por William Hopkins (1838). Algunas décadas después, Osmond Fisher (1881) reconoció su importancia en cuanto a sus aplicaciones geológicas. Sin embargo fue O. Ampferer (1906) quien propuso las *corrientes convectivas o subcorticales* como teoría tectónica, en la que se explicaban numerosos procesos tectónicos por medio de corrientes convectivas de origen térmico en las zonas por debajo de la corteza terrestre⁹. Para algunos autores (entre otros, Holmes, 1928b, 1931, 1933, 1944; Urey, 1953; Runcorn, 1962a; Bott, 1964), también explicaba la deriva continental; sin embargo, Vening-Meinesz (1962) rechazaba esta explicación, y siempre se opuso a la idea de la movilidad continental (Vlaar, 1989).

(7). Véase Agassiz (1837, 1840), Boylan (1998), Fenton y Fenton (1945, cap. x), Geikie (1897, pp. 442-449), Gribbin (2002, pp. 382-396), Hallam (1983, cap. 3), Laudan (1987, pp. 210-216), Mather y Mason (1939, pp. 329-335).

(8). Sobre la historia de la relación entre los puentes intercontinentales y la isostasia, véase García Cruz (1998b).

(9). Véase Brinkmann (1961, pp. 326-327), Belousov (1962, pp. 798-800).

TEORÍA DE LA PERMANENCIA. Surgida en Norteamérica a mediados del s. XIX, sostenía que tanto los continentes como los fondos oceánicos estaban formados por materiales diferentes, y por lo tanto no eran —ni habían sido— caracteres *intercambiables*. En concreto, los grandes caracteres de la corteza terrestre, especialmente los viejos escudos continentales, y algunos océanos como el Pacífico, se habían mantenido estables desde hacía cientos de millones de años. Esta idea era una consecuencia directa de la teoría de la contracción defendida por Dana, y estaba en contraposición con la versión de Suess sobre la contracción debida también al enfriamiento del planeta¹⁰. Como ha señalado Oreskes (1999, p. 17), el término “permanencia” era un *contrasentido*, puesto que Dana creía que la tierra se estaba contrayendo, y por lo tanto cambiaba. Wegener, al plantear el origen de los continentes y océanos, hacía explícita su posición en contra del permanentismo.

MANTOS DE CORRIMIENTO. Para explicar la estructura del Glarus en los Alpes suizos, Arnold Escher había introducido, en 1866, la teoría del *doble plegamiento*. Esta idea de un plegamiento recumbente sería apoyada inicialmente por Albert Heim, en 1878, en oposición al acortamiento cortical defendido por Eduard Suess tres años antes basándose en el contraccionismo. En 1884, Marcel Bertrand propuso la existencia de un único empuje en dirección sur-norte, que había originado un cabalgamiento de largo recorrido (centenares de km) caracterizado porque tanto los ejes como los flancos de los pliegues eran aproximadamente horizontales. Hans Schardt (1893) bautizó estos pliegues como *mantos de recubrimiento*, y su existencia sería divulgada ampliamente por Maurice Lugeon (1902) dentro de la llamada *teoría de los mantos de corrimiento*, que como controversia geológica perduraría hasta principios del s. XX (Greene, 1982, cap. 8; Masson, 1976, 1983; Oldroyd, 1990, cap. 8; Schaer, 1991; S.G.F., 1985; Trümpy, 1988, 1991). Por otro lado, resulta sorprendente, como ha señalado Trümpy (1999), que la estructura de los Alpes no jugara un papel decisivo en el desarrollo y aceptación de la deriva continental, cuando la teoría de los desplazamientos daba una explicación bastante coherente y racional del acortamiento cortical al menos para los últimos 165 Ma.

BIBLIOGRAFÍA

- Agassiz, L. (1837). Discours prononcé à l'ouverture des séances de la Société Helvétique des Sciences Naturelles à Neuchâtel le 24 juillet 1837. *Act. Soc. Helvétique Sci. Nat.*, 22, 369-394.
- Agassiz, L. (1838). Upon glaciers, moraines and erratic blocks. *Edinburgh New Phil. J.*, 24, 364-383. [Este artículo es la versión inglesa del discurso de 1837].
- Agassiz, L. (1840). *Études sur les glaciers*. Jent et Gassmann, Neuchâtel. [Algunos extractos de esta obra en versión inglesa, expresamente sobre las evidencias de una era glacial, se pueden encontrar en Mather y Mason (1939, pp. 329-335)].

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. R. Soc., London, Ser. B*, 145, 101-104.

Ampferer, O. (1906). Über das Bewegungsbildung von Faltengebirgen. *J. Kaiserlichkön. geol. Reichs.* (Wien), 106, 539-622.

Anguita, F. (1988). *Origen e historia de la tierra*. Ed. Rueda, Madrid.

Anguita, F. (1990). El concepto de geosinclinal tras la revolución movlista: otro desajuste entre la ciencia actual y la ciencia en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 287-290.

Anguita, F. (1993). *Geología planetaria*. Ed. Mare Nostrum, Madrid.

Aubouin, J. (1959). A propos d'un centenaire: les aventures de la notion de Géosynclinal. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., Nouv. Sér.* 2(3), 135-188.

Bailly, J.S. (1781-1785). *Histoire de l'Astronomie Moderne*. Freres de Bure, París, 3 vols.

Barrell, J. (1919). The status of the theory of isostasy. *Am. J. Sci.*, 48(4), 291-338.

Belousov, V.V. (1962). *Problemas básicos de geotectónica*. Ed. Omega, Barcelona (trad. cast. 1971).

Bertrand, M. (1900a). Déformation tétraédrique de la terre et déplacement du pôle. *C.R. Hébdom. Séan.Acad. Sci.*, 130(8), 449-464.

Bertrand, M. (1900b). Sur la symétrie tétraédrique du globe terrestre. *C.R. Hébdom. Séan.Acad. Sci.*, 130(10), 614-622.

Billings, M.P. (1942). *Structural geology*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs (N.J.) (2ª ed. 1954).

Bond, G.C. y Kominz, M.A. (1988). Evolution of thought on passive continental margins from the origin of geosynclinal theory (differs from 1860) to the present. *Geol. Soc. America Bull.*, 100(12), 1909-1933.

Bott, M.H.P. (1964). Convection in the earth's mantle and the mechanism of continental drift. *Nature*, 202, 583-584.

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

Boylan, P.J. (1998). Lyell and the dilemma of Quaternary glaciation. En: D.J. Blundell y A.C. Scott (eds.). *Lyell: the past is the key of the present*. Geological Society, London, Spe. Publ., 143, 145-159.

Brinkmann, R. (1961). *Compendio de Geología General*. Ed. Labor, Barcelona (trad. cast. 1964).

Brown, G.C. y Mussett, A.E. (1981). The formation of the Solar System. En: *The inaccessible earth*. George Allen & Unwin Ltd., Londres, sec. 4.3, pp. 47-56.

Brush, S.G. (1981). From bump to clump: Theories of the origin of the solar system 1900-1960. En: P.A. Hanle y V.D. Chamberlain (eds.). *Space science comes of age: Perspectives in the history of the space sciences*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 78-100.

Cabezas Olmo, E. (2002). *La Tierra, un debate interminable. Una historia de las ideas sobre la Tierra y el*

(10). Véanse los principios fundamentales de esta teoría en Willis (1910), y una síntesis en Oreskes (1999, pp. 14-20).

Principio de Uniformidad. Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.

Chamberlin, T.C. (1901). On a possible function of disruptive approach in the formation of meteorites, comets and nebulae. *Astrophys. J.*, 14, 17-40.

Chamberlin, T.C. (1905). The planetesimal hypothesis. *En: Year Book, N° 3, 1904*. Carnegie Institution, Washington, pp. 195-254.

Chamberlin, T.C. (1906). The planetesimal hypothesis. *En: T.C. Chamberlin y R.D. Salisbury. Geology: Earth History*. Murray, Londres; vol. II, cap. 1.

Chamberlin, T.C. (1909). The development of the planetesimal hypothesis. *Science*, 30, 642-645.

Chamberlin, T.C. (1916). *Origin of the earth*. University of Chicago Press, Chicago.

Crowell, J.C. (1957). Origin of pebbly mudstones. *Bull. Geol. Soc. America*, 68, 993-1.009.

Dana, J.D. (1847). Geological results of the Earth's contraction in consequence of cooling. *Am. J. Sci.*, 2nd Ser., 3, 176-188.

Dana, J.D. (1873a). On the origin of the mountains. *Am. J. Sci.*, 3rd Ser., 5, 247-350.

Dana, J.D. (1873b). On some results of the Earth's contraction from cooling including a discussion of the origin of mountains and the nature of Earth's interior. *Am. J. Sci.*, 3rd Ser., 5, 423-443.

Dana, J.D. (1880). *Manual of geology, treating the principles of the science with special reference to American geological history*. Ivison, Blakeman, Taylor & Co.-Trübner & Co., Nueva York-Londres (3^a ed.).

Darwin, G.H. (1887). Note on Mr. Davison's paper on the straining of the Earth's crust in cooling. *Phil. Trans. R. Soc., London*, 178A, 242-249.

Davison, C. (1887). On the distribution of strain in the Earth's crust resulting from secular cooling; with special reference to the growth of continents and the formation of mountain chains. *Phil. Trans. R. Soc., London*, 178A, 231-242.

Dermott, S.F. (ed.) (1978). *The origin of the solar system*. J. Wiley & Sons, Chichester (N.Y.).

Descartes, R. (1644). *Principes de la Philosophie*. Librairie Philosophique J. Vrin, París (trad. francesa 1904, t. IX-2 de *Oeuvres* de Descartes, publicadas por C. Adams y P. Tannery; ed. 1989) [Existe trad. cast. en Alianza Editorial, Madrid (1995)].

Dott, R.H., Jr. (1961). Squantum "tillite, Massachusetts -evidence of glaciation or subaqueous mass movements. *Bull. Geol. Soc. America*, 72, 1.289-1306.

Dott, R.H., Jr. (1979). The Geosyncline. First major geological concept "Made in America". *En: C.J. Schnee* (ed.). *Two hundred years of Geology in America*. Proceedings of New Hampshire Bicentennial Conference on the History of Geology. University Press of New Hampshire, Hanover (N.H.), pp. 239-264.

Dutton, C.E. (1889). On some of the greater problems of physical geology. *Bull. Washington Phil. Soc., Sec. B*, 11, 51-64.

Élie de Beaumont, L. (1829-30). Recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coincidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changemens soudains qui ont produit les lignes de

marcation 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).

Élie de Beaumont, L. (1850). Note sur la corrélation des directions des différent systèmes de montagnes. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 31, 325-338.

Fenton, C.L. y Fenton, M.A. (1945). *Giants of geology. The story of the great geologists*. Doubleday Co., Garden City (N.Y.) (ed. 1952).

Fernie, J.D. (1991a). The shape of the earth. *Am. Sci.*, 79(2), 108-110.

Fernie, J.D. (1991b). The shape of the earth. *Am. Sci.*, 79(5), 393-395.

Fernie, J.D. (1992). The shape of the earth. *Am. Sci.*, 80(2), 125-127.

Fisher, O. (1881). *Physics of the Earth's crust*. Macmillan, Londres.

Furon, R. (1958). *La distribución de los seres*. Ed. Labor, Barcelona (trad. cast. 1965).

Gamow, G. (1963). *Un planeta llamado Tierra*. RBA Ed., Barcelona (trad. cast. 1965; ed. 1994).

García Cruz, C.M. (1998a). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. *Enseñ. Cienc.*, 16(2), 323-330.

García Cruz, C.M. (1998b). Puentes intercontinentales e Isostasia: Aspectos históricos y didácticos. *Enseñ. Cienc. Tierra*, 6(3), 211-216.

García Cruz, C.M. (1998c). El principio de uniformidad. I. Orígenes. *Enseñ. Cienc. Tierra*, 6(3), 234-238.

García Cruz, C.M. (1999a). El principio de uniformidad. II. Un obstáculo entre el pasado y el presente. *Enseñ. Cienc. Tierra*, 7(1), 16-20.

García Cruz, C. M. (1999b). El *Resumen de la Teoría de la Tierra* (1785) de James Hutton. *Llull, Rev. Soc. Española Hist. Cienc. Téc.*, 22(43), 223-238.

García Cruz, C.M. (2000). El Principio de Uniformidad (III). El Presente: Una aproximación al Neocatastrofismo. *Enseñ. Cienc. Tierra*, 8(2), 99-107.

García Cruz, C.M. (2001a). El actualismo-uniformitarismo como obstáculo epistemológico. *Cadernos IG/UNICAMP*, 9(1), 22-32.

García Cruz, C.M. (2001b). Origen y desarrollo histórico del concepto de ciclo geológico. *Enseñ. Cienc. Tierra*, 9(3), 222-234.

García Cruz, C.M. (2003). Más allá de la geografía especulativa: Orígenes de la deriva continental. *Llull, Rev. Soc. Española Hist. Cienc. Téc.*, 26, 121-145.

Geikie, A. (1897). *The founders of geology*. Dover Publ., Nueva York (2^a ed. 1905, reimp. 1962).

Glaessner, M.F. y Teichert, C. (1947). Geosynclines: A fundamental concept in Geology. *Am. J. Sci.*, 245, 465-482.

Gould, S.J. (1987). *La flecha del tiempo*. Alianza Ed., Madrid (trad. cast. 1992).

Green, W.L. (1857). The cause of the pyramidal form of the outline of the southern extremities of the great continents. *Edinburgh New Phil. J.*, 6, 61-78.

- Green, W.L. (1875). *Vestiges of the molten globe*. E. Stanford, Londres.
- Greene, M.T. (1978). Major developments in geotectonic theory between 1800 and 1912. *Dissert. Abst. Intern.*, 39, 3106-A.
- Greene, M.T. (1982). *Geology in the nineteenth century: Changing views of a changing world*. Cornell University Press, Ithaca.
- Gregory, J.T. (1982). Origins of the geosynclinal borderland theory. *Geol. Rund.*, 71, 445-462.
- Gregory, J.W. (1899). The plan of the earth and its causes. *Geogr. J.*, 13(3), 225-251.
- Hale, M. (1677). *The primitive origination of mankind*. W. Shrowsbery, Londres.
- Hall, J. (1859). *Natural History of New York*. C. van Benthuyssen, Albany (N.Y.). Vol. III (Paleontology), parte I, pp. 67-73.
- Hallam, A. (1983). *Grandes controversias geológicas*. Ed. Labor, Barcelona (trad. cast. 1985).
- Hobbs, W.H. (1921). *Earth evolution and its facial expression*. Macmillan Co., Nueva York.
- Holmes, A. (1928b). Radioactivity and continental drift. *Geol. Mag.*, 65, 236-238.
- Holmes, A. (1931). Radioactivity and earth movements. *Trans. Geol. Soc. Glasgow*, 18 (part 2), 559-606.
- Holmes, A. (1933). The thermal history of the Earth. *J. Washington Acad. Sci.*, 23, 169-195.
- Holmes, A. (1944). The machinery of continental drift: the search for a mechanism. *En: Principles of Physical geology*. T. Nelson & Sons Ltd., Nueva York, p. 505-509.
- Holmes, A. (1953). The South Atlantic: land bridges or continental drift? *Nature*, 171, 669-671.
- Holmes, A. (1965). *Geología física*. Ed. Omega, Barcelona (trad. cast. 1971, 6ª ed.).
- Holton, G. y Brush, S.G. (1976). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Ed. Reverté, Barcelona (trad. cast. 1989, 2ª ed.).
- Hornius, G. (1669). *De originibus Americanis*. J. Müllerli, Hemipoli.
- Hutton, J. (1785). *Abstract of a dissertation read in the Royal Society of Edinburgh upon the Seventh of March, and Fourth of April MDCCLXXXV, concerning the system of the earth, its duration and stability*. Scottish Academic Press, Edimburgo (facsimil 1987). [Existe trad. cast. en García Cruz (1999b)].
- Hutton, J. (1788b). Theory of the Earth, or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the globe. *Trans. R. Soc., Edinburgh*, 1, 209-304.
- Hutton, J. (1795). *Theory of the Earth, with proofs and illustrations*. Londres: Cadell, Jr. & Davies, y Edimburgo: W. Creech; vols. I y II. [Facsimiles en New York: Hafner (1959), Herts: Welson & Codicote (1959), y Lehre: J. Cramer (1972). Existe un vol. III. en ed. póstuma (1899) y en facsimil (1997) en la Geological Society of London].
- Jaki, S.L. (1978). *Planets and planetarians: A history of theories of the origin of planetary systems*. Scottish Academic Press, Edimburgo.
- Jeans, J.H. (1917). The motion of tidally distorted bodies with special reference to theories of cosmogony. *Mem. R. astron. Soc.*, 62, 1-48.
- Jeans, J.H. (1919). *Problems of cosmogony and stellar dynamics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jeans, J.H. (1923). *The nebular hypothesis and modern cosmogony*. Halley Lecture, Oxford.
- Jeans, J.H. (1924). The origin of the solar system. *Nature*, 113(2835), 329-340.
- Jeffreys, H. (1924). *The Earth: Its origin, history and physical constitution*. Cambridge University Press, Cambridge [eds. en 1929, 1952, 1959, 1970 y 1976].
- Jeffreys, H. (1926). The Earth's thermal history and some related problems. *Geol. Mag.*, 63, 516-525.
- Joly, J. (1923). The movements of the Earth's surface crust. *Phil. Mag., Ser. 6*, 45, 1167-1188.
- Joly, J. (1925). *The surface history of the Earth*. Oxford University Press, Oxford.
- Joly, J. (1928). The theory of thermal cycles. *Gerl. Beitr. Geophys.*, 19, 415-441.
- Joly, J. y Poole, J.H.J. (1927). On the nature and origin of the Earth's surface structure. *Phil. Mag., Ser. 7*, 3, 327-330.
- Kant, I. (1755). *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. H. Fischer Verlag, Erlangen (facsimil 1988 de la 1ª ed. alemana).
- Kuiper, G.P. (1951). On the origin of the solar system. *En: J.A. Hynek (ed.). Astrophysics: A Topical Symposium commemorating the Fiftieth Anniversary of the Yerkes Observatory and a Half Century of Progress in Astrophysics*. McGraw-Hill, Nueva York, pp. 357-424.
- Lafuente, A. y Delgado, A.J. (1984). *La geometrización de la tierra (1735-1744)*. Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia Nº 3, C.S.I.C., Madrid.
- Lafuente, A. y Mazuecos, A. (1987). *Los caballeros del punto fijo*. Ed. del Serbal-C.S.I.C., Barcelona.
- Laplace, P.S. (1796a). *Exposition du Système du Monde*. Imprimerie Cercle-Social, París.
- Laplace, P.S. (1796b). The nebular hypothesis. *En: D.L. Hurd y J.J. Kipling (eds). (1964). The origins and growth of physical science*. Penguin Books, Baltimore, vol. I, pp. 214-226. [Extractos de *The system of the world*. Trad. inglesa de la obra de Laplace realizada por el Rev. H.H. Harte. Longmans, Dublín; Rees, Orme, Brown, & Green, Londres (1830)].
- Laudan, R. (1987a). *From mineralogy to geology. The foundations of a science, 1650-1830*. The University of Chicago Press, Chicago. (ed. 1993).
- Le Danois, E. (1938). *El Atlántico. Historia y vida de un océano*. Ed. Espasa Calpe, Madrid (trad. cast. 1940).
- Lucier, P. (1999). A plea for applied geology. *History of Science*, 34, 283-318.
- Lyell, C. (1830-33). *Principles of Geology*. University of Chicago Press, Chicago (facsimil 1990, de la 1ª ed. inglesa). Tomos I, II y III.
- Magruder, K.V. (1999). Crossing disciplinary divides: Global visions and hexameral idiom in textual tradition before geology. *Proc. Geol. Soc. America, Ann. Meet., Denver (Co.)*, 25-28 Octubre. *Abstr.*
- Magruder, K.V. (2000). *Theories of the Earth from Descartes to Cuvier: Natural order and historical contingency in a contested textual tradition*. Ph.D. Tesis, University of Oklahoma.

- Mark, K. (1992). From geosynclinal to geosyncline. *Earth Sci. Hist.*, 11(2), 68-69.
- Mather, K.F. (1967). *Source book in Geology 1900-1950*. Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Mather, K.F. y Mason, S.L. (1939). *A source book in Geology, 1400-1900*. Hafner Publ., Nueva York-Londres (ed. facsímil 1964).
- Mayr, E. (ed.) (1952). *The problem of land connections across the South Atlantic, with special reference to the Mesozoic*. Proc. Symposium: The role of South Atlantic basin in Biogeography and Evolution. Fourth Annual Meeting of the Society for the Study of Evolution. Nueva York, 28-29 Diciembre/1949.
- Moore, R. (1957). *The earth we live on. The story of geological discovery*. J. Cape, Londres.
- Moulton, F.R. (1905). On the evolution of the solar system. *Astrophys. J.*, 22, 165-181.
- Newton, H.E. y Jones, J.H. (eds.) (1990). *Origin of the Earth*. Oxford University Press, Oxford.
- North, J. (1994). *Historia Fontana de la astronomía y de la cosmología*. Fondo de Cultura Económica, México (trad. cast. 2001).
- Oreskes, N. (1999). *The rejection of continental drift: Theory and method in American earth science*. Oxford University Press, Oxford.
- Playfair, J. (1802). *Illustrations of the Huttonian theory of the earth*. Dover Publ., Nueva York (ed. facsímil 1964) [existe otra ed. facsímil en University of Illinois Press, Urbana (1956)].
- Pratt, J.H. (1855). On the attraction of the Himalaya mountains and of the elevated region beyond them, upon the plumb-line in India. *Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, 145, 53-100.
- Prévost, L.C. (1839-40). Opinion sur la théorie des soulèvements. *Bull. Soc. Géol. France*, 10, 430; y 11, 183-203.
- Ringwood, A.E. (1979). *Origin of the Earth and Moon*. Springer-Verlag, Nueva York-Berlín.
- Ruiz Morales, M. y Ruiz Bustos, M. (2000). *Forma y dimensiones de la Tierra. Síntesis y evolución histórica*. Ed. del Serbal, Barcelona.
- Runcorn, S.K. (1962a). Towards a theory of continental drift. *Nature*, 193, 311-314.
- Runcorn, S.K., Turner, G. y Woolfson, M.M. (eds.) (1988). *The Solar system. Chemistry as a key to its origin*. Philosophical Transactions, Royal Society, Vol. 325, No 1587.
- Ruskol, E.L. (1981). Formation of planets. *Proc. Alpbach Summer School*, 29 Julio.-7 Agosto (ESA SP-164, Noviembre.), pp. 107-113.
- Sacco, F. (1906). *Les lois fondamentales de l'Orogénie de la Terre*. C. Clausen, Turín.
- Schuchert, C. (1932). Gondwana land bridges. *Bull. Geol. Soc. America*, 44, 875-916.
- See, T.J. (1907). On the temperature, secular cooling and contraction of earth, and on the theory of earthquakes held by the ancients. *Proc. Am. Phil. Soc.*, XLVI(186), 191-299.
- Sequeiros, L. (1997). Charles Lyell (1797-1875) y el conflicto entre la nueva geología y la religión. *Proyección*, 44, 127-138.
- Simpson, G.G. (1940). Mammals and land bridges. *J. Washington Acad. Sci.*, 30, 137-163.
- Simpson, G.G. (1943). Mammals and the nature of the continents. *Am. J. Sci.*, 241, 1-31.
- Smith, J.R. (1987). *From plane to spheroid*. Landmark Enterprises, Rancho Cordova (Ca.).
- Suess, E. (1875). *Die Entstehung der Alpen*. W. Braumüller, Viena.
- Suess, E. (1885-1909). *Das Antlitz der Erde*. F. Tempski, Praga, 3 vols. [Existe trad. cast.: *La Faz de la Tierra*. R. Velasco, Madrid (1923-1930), 4 vols].
- Ter Haar, D. y Cameron, A.G.W. (1963). Historical review of theories of the origin of the solar system. *En: R. Jastrow y A.G.W. Cameron (eds.). Origin of the solar system*. Academic Press, Nueva York-Londres, pp. 1-37.
- Termier, H. y Termier, G. (1979). *Histoire de la Terre*. Presses Universitaire de France, París.
- Todhunter, I. (1873). *A history of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth from the time of Newton to that Laplace*. Dover, Nueva York, 2 vols. (ed. 1962).
- Trümpy, R. (2003). Trying to understand Alpine sediments—before 1950. *Earth Sci. Rev.*, 61(1-2), 19-42.
- Urey, H.C. (1953). On the origin of continents and mountains. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 39, 933-946.
- Vallaux, C. (1933). *Geografía general de los mares*. Ed. Juventud, Barcelona (trad. cast. 1953, 2ª ed. 1961).
- Van der Graacht, W.A.J.M. (1926). The problem of continental drift. *En: W.A.J.M. van der Graacht (1928) (ed.). The theory of continental drift. A Symposium*. A.A.P.G., Tulsa (Ok.)-J. Murray, Londres, pp. 1-75. [Existe trad. cast.: *La teoría de la deriva continental. Simposio*. Consejería de Educación-Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife (1998), pp. 27-82].
- Vening-Meinesz, F.A. (1926). Gravity survey by submarine via Panama to Java. *Geogr. J.*, 1(21), 144-159.
- Vening-Meinesz, F.A. (1962). Thermal convection in the earth's mantle. *En: S.K. Runcorn (ed.). Continental drift*. Academic Press, Nueva York, pp. 145-176.
- Vlaar, N.J. (1989). Vening Meinesz - A student of the earth. *EOS, Trans., Am. Geophys. Un.*, 70(9), 129-140.
- Wang, C.S. (1972). Geosynclines in the New Global Tectonics. *Geol. Soc. America Bull.*, 83(7), 2105-2110.
- Wegener, A.L. (1929). *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Vieweg, Brunswick (4ª ed.). [Trad. cast.: *El origen de los continentes y océanos*. Ed. Pirámide, Madrid (1983)].
- Weizsäcker, C.F., von (1944). Über die Entstehung des Planetensystems. *Zeit. Astrophys.*, 22, 319-355.
- Weizsäcker, C.F., von (1946). Über die Entstehung des Planetensystems. *Naturwissenschaften*, 33, 8-34.
- Willis, B. (1910). Principles of palaeogeography. *Science*, 31(790), 241-260.
- Willis, B. (1932). Isthmian links. *Bull. Geol. Soc. America*, 43, 917-952.
- Wood, R.M. (1985). *The dark side of the earth*. George Allen & Unwin Ltd., Londres.
- Woolfson, M.M. (1993). The Solar System. Its origin and evolution. *Q.J.R. astron. Soc.*, 34, 1-20. ■