



ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE EL *TRAP* COMO CONCEPTO GEOLÓGICO

Historical aspects regarding the trap as a geological concept

Cándido Manuel García Cruz

INHIGEO, c/ Llombet, 29, 38296 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
 candidomgc@gmail.com

Abstract: *The origin and etymology of term trap (in some cases trapp) are analysed on the basis of primary sources. This term has its origin around the middle of the 18th century, and comes from old Norse trappa for staircase. It was applied by the Swedish miners to the trapezoidal gravels with brick- or ashlar-shaped (tegel or quadersten, in Swedish), which are in common occurrence as basaltic columnar disjunctions, volcanic intrusions and dykes, because of its similarity to the steps. From a geological point of view, the trap is defined, on the one hand, as either an extrusive igneous rock, or non-granitic hypabyssal, fine-grained and dark-colored rock, such as basalt, peridotite, diabase or gabbro, but also, on the other hand, with regard to vast step-shaped areas, such as plateau-shaped hills or terraced landscapes constituted of horizontal and regular layers, such as flood basalts, formed by stacked tholeiitic basalts which were emitted by fissure volcanism, e.g., Deccan Plateau (India), Columbia Plateau (Canada), some Siberian north-eastern areas, Paraná Basin (Brazil), Ethiopian Massif, among others. The term trap was applied to many kinds of rocks, and Abraham G. Werner, 1774, restricted its use as a geological concept to a hornblende-enriched rock. Within the controversy of the origin of basalt, a number of naturalists took part in the consolidation of the concept of trap throughout 18th and 19th centuries, some supporters of the Neptunist Theory suggested by Emanuel Swedenborg and Carl von Linné, such as the Swedish Johann Gottschalk Wallerius, Torbern Olof Bergman, Axel Fredrik Cronstedt, and Sven Rinman, and some Plutonists authors with James Hutton as the torchbearer, such as Barthélemy Faujas de Saint-Fond or Ami Boué. Alexander von Humboldt, James Dwight Dana and Charles Robert Darwin contributed also to the acceptance of the trap as an igneous rock in origin. Sven Rinman was the naturalist who used first in 1754, the trap as a geological term from the mining.*

Keywords: *trap, origin, etymology, constituent rocks, Sven Rinman, 18th century.*

Resumen: *El término trap (en algunos casos, trapp) tiene su origen a mediados del siglo XVIII y procede del antiguo escandinavo trappa con el significado de escalera. Los mineros suecos aplicaban este término a los cascajos trapezoidales en forma de ladrillo o sillar, presentes en las disyunciones columnares basálticas y en intrusiones volcánicas y diques, por su parecido a los peldaños. Desde el punto de vista geológico el trap se define como rocas ígneas extrusivas, o hipabisales no graníticas, de grano fino y color oscuro, tipo basaltos, peridotitas, diabasas o gabros, pero también se relaciona con grandes áreas de estructura escalonada, cerros mesetiformes o terrazas constituidas por estratos horizontales y regulares, como las mesetas basálticas de inundación, originadas por apilamiento de capas de basaltos toleíticos emitidas por volcanismo fisural, como las mesetas del Decán (India) y la del río Columbia (Canadá), la Cuenca del Paraná (Brasil), o el Macizo Etiope, entre otros muchos. Su uso como concepto geológico fue restringido por Abraham Gottlob Werner, en 1774, a aquellas rocas ricas en hornblenda, y en su concreción, dentro de la controversia sobre el origen del basalto, participaron numerosos naturalistas durante los siglos XVIII y XIX, tanto partidarios del Neptunismo siguiendo a Emanuel Swedenborg y Carl von Linné, como los suecos Torbern Olof Bergman, Axel Fredrik Cronstedt, Sven Rinman*

y Johan Gottschalk Wallerius, así como otros autores defensores del Plutonismo abanderado por James Hutton, como Barthélemy Faujas de Saint-Fond o Ami Boué. Sven Rinman fue quien utilizó por primera vez trap de origen minero como término geológico, en 1754.

Palabras clave: trap, origen, etimología, composición, Sven Rinman, siglo XVIII.

García Cruz, C.M., 2018. Aspectos históricos sobre el trap como concepto geológico. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 31(1): 29-34.

Introducción

Como definición general dentro de las actuales Ciencias de la Tierra, tal y como se recoge en la mayoría de los diccionarios y glosarios especializados, y en muchos textos de Geología (si bien, en algunas obras no aparece), el término *trap* o *trapp* está asociado a rocas ígneas extrusivas, o hipabisales no graníticas, de grano fino y color oscuro, como basaltos, peridotitas, diabasas o gabros.

Este mismo término también se ha aplicado a formaciones de gran extensión como valles de vertiente escalonada, cerros mesetiformes, terrazas constituidas por estratos horizontales y regulares, o mesetas basálticas de inundación originadas por apilamiento de capas de basaltos toleíticos emitidos por volcanismo fisural; se encuentran, así, referencias sobre el *trap* en relación con las mesetas del Decán (India) y del río Columbia (Canadá), grandes zonas del nor-este de Siberia (Rusia), la Cuenca del Paraná (Brasil), el Macizo Etíope, o la región de Auvernia (Francia), entre otros muchos, además de los fondos oceánicos, y, desde el punto de vista extraterrestre, también se relaciona con los *maria* lunares y diversas regiones del planeta Venus.

Para precisar el origen y etimología de este término, así como su introducción como concepto geológico, se harán algunas consideraciones desde un punto de vista histórico, complementando a partir de fuentes primarias los estudios más significativos que se han realizado a este respecto (Laudan, 1987: caps. 5 y 6; Oldroyd, 1996: caps. 4 y 9; Tex, 1996; Sigurdsson, 1999: caps. 8-10; Young, 2003: caps. 2-7 y 10; Newcomb, 2009: caps. 9 y 10; Sissingh, 2012: caps. 8 y 9).

Origen y etimología del término trap

Este término es una de las aportaciones de la ciencia sueca al *corpus* doctrinal de la Geología, aunque su significado se ha ido modificando a lo largo del tiempo.

Generalmente se considera que el término *trap* posee una única etimología, derivada del sueco *trappa*, que significa escalera; también se ha sostenido que procede de un término sánscrito con este mismo significado (Allaby, 2013: 156), e incluso del holandés, y que su uso data, además, de la época victoriana, es decir, los dos últimos tercios del siglo XIX (Self *et al.*, 2015: 442). Sin embargo, el término sánscrito correspondiente (*sōpāna*) nada tiene que ver con *trap*, y la etimología holandesa no está justificada. Por otro lado, habría que tener en cuenta que la expresión *trap* era habitual en Suecia entre los mineros desde hace siglos, y se relacionaba en su origen con disyunciones columnares basálticas, intrusiones volcánicas o diques, especialmente con la forma de algunos

de sus componentes estructurales, que eran utilizados en la construcción. En este contexto, este término se definió inicialmente en referencia a los cascajos rectangulares en forma de ladrillo o sillar (*tegel* o *quadersten* [*kvadersten*], en sueco) en que se fragmentan los diques. Así fue descrito como concepto geológico a mediados del siglo XVIII por el químico y mineralogista Sven Rinman (1720-1792), profesor en el Bergskollegium de Estocolmo, en un trabajo sobre suelos ferruginosos y otros tipos de rocas (Rinman, 1754: 293-294). Sobre este mismo concepto volvería varias décadas más tarde en su obra cumbre sobre el léxico de la minería (Rinman, 1789: 1023-1025). No se han encontrado citas anteriores a la primera de estas referencias en relación con el *trap*.

A lo largo de los siglos XVIII y XIX, el término sería discutido por numerosos naturalistas e incluido en los más diversos tratados de mineralogía con diferentes perspectivas, casi siempre dentro de la controversia sobre el origen del basalto^{nota 1}. Carl von Linné (1707-1778), por ejemplo, en el *Regnum Lapidum* de su *Systema Naturae*, incluye el *trap* en el grupo V (*Agregados rocosos*), dentro de *Trapezum*, como esquistos subcalcáreos de fragmentación romboidal (Linné, 1768: 72). Esta etimología era compartida por su polifacético compatriota y uno de los mineralogistas más influyentes del siglo XVIII, Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785), al analizar en su *Mineralsystem* lo que según su clasificación se denominaba *Corneus trapezius*, roca córnea o corneana, por su dureza, que se descompone en cubos (Wallerius, 1778: 375-378); existe una equivalencia entre el concepto de Wallerius y el utilizado por el mineralogista prusiano Carl Abraham Gerhard (1738-1821), con el nombre de *Jaspis trapezius* (Gerhard, 1782: 22). Wallerius reconoce en la obra citada, por otro lado, que la expresión predominante, *trapp*, procede del escandinavo antiguo, *trappa*, que significa escalera (Wallerius, 1778: 378). Esta misma relación se encuentra en *Lithologia Groningana*, del botánico y médico holandés Sebald Justinus Brugmans (1763-1819), donde se indica, siguiendo la propia clasificación de Wallerius, que en las grandes montañas constituidas por *Corneus trapezius*, “se desprenden determinadas estructuras que presentan forma de escalera, que los suecos llaman TRAPP” (Brugmans, 1787: 93-94); también la recogería el destacado geognosta prusiano Abraham Gottlob Werner (1749-1817), precisamente en sus consideraciones sobre el *trap* de Suecia (Werner, 1794: 77-81).

El eminente químico sueco Torbern Olof Bergman (1735-1784), en una carta fechada en 1776 sobre los volcanes, las fuentes termales y los basaltos de Islandia, dirigida a Uno von Troil (1746-1803), a la sazón arzobispo de Upsala, relaciona ambos orígenes, y sostiene que este término se debe a la forma de cubos irregulares de estos materiales, “de donde se

ha obtenido con mayor probabilidad su denominación, debido a su semejanza con las piedras usadas para hacer una escalera” (Bergman, 1776: 392). Este mismo autor realizó los primeros análisis químicos del *trap* y lo identificaría con el basalto, atribuyéndole un origen sedimentario por precipitación acuosa dentro de sus concepciones neptunistas (Bergman, 1783: 212-214). Estas concepciones coincidían con las que varias décadas antes había defendido también Linné en su *Oratio de telluris habitabilis incremento*, obra que, en gran parte, fue una consecuencia de su expedición a Öland y Gotland en 1741, en el Báltico (Linné, 1744, 1745), y que, a pesar de estar dedicada esencialmente a la botánica, representó, además, una gran aportación al conocimiento de la geología de esas regiones insulares de Suecia. De igual forma es recogido por otros autores del siglo XIX, como fue el caso de uno de los más distinguidos discípulos wernerianos, el geólogo y mineralogista escocés Robert Jameson (1774-1854), que aplicaba la expresión “a los fósiles^{nota 2} que, expuestos al aire, adquieren la forma parecida a los peldaños de una escalera” (Jameson, 1808: 128), y el geólogo italiano de origen alemán Scipione Breislak (1748-1826), en su *Introduzione alla geologia*, que caracteriza al *trap* como una roca que se descompone en prismas cuadriláteros (Breislak, 1811: 269).

Resulta, pues, evidente que el término *trap* era ya de uso frecuente muchos años antes de la época victoriana, y que la forma *trapezoidal* en que se fragmentan los diques, y que se utilizaban en la construcción de escaleras, está en la base del origen de esta expresión.

Materiales trapeanos

A lo largo del siglo XVIII, el término *trap* se usó para definir rocas de muy distinto tipo, tanto por su naturaleza como por su estructura; mientras que, para los mineralogistas franceses, por ejemplo, indicaba rocas primitivas, para los alemanes representaba rocas secundarias. Los materiales *trapeanos* hacían referencia a los basaltos, especialmente a las estructuras columnares y a los diques. Pero esta expresión se extendió a formaciones muy diversas, entre otras, y por sus afinidades, a los amigdaloides (*übergangstrapp*), *trappskiöl* o *teglskiöl* de los suecos (Cronstedt, 1770: sec. CCLXVII, 248-250), así como las *Grünstein* y *Schwarzstein* (*Flötztrappgebirge*, de naturaleza sedimentaria según la teoría neptunista) de los mineros alemanes, que equivalía a lo que los anglosajones denominaban *whinstones* (Hutton, 1788: 277, 1795: 150, 216; Playfair, 1802: 67, 276-278; Hall, 1805: 46), rocas duras de color oscuro que podían ser basaltos, pórfidos, o areniscas cuarzosas, además de sílex. Este grado de confusión hizo que Werner, bajo la gran influencia que recibió de los mineralogistas suecos, viera necesario restringir el significado de *trap*, por lo que consideró que este estaba constituido por cualquier roca caracterizada por la presencia de hornblenda y arcilla negra rica en hierro, de tal forma que toda roca *primitiva* que contuviese principalmente hornblenda, pertenecía a la formación del *trap primitivo* (Werner, 1774: §. 202; 1791: §. 49, 64 y 128; 1817: 8). Se distinguían, además, tres tipos fundamentales de formaciones trapeanas: 1) rocas con hornblenda común; 2) rocas con hornblenda y feldespato; y 3) rocas con hornblenda y mica; cada grupo, a su vez, con dife-

rentes variedades según sus otros componentes, desde pórfidos y pizarras hasta afanitas y diabasas.

Una amplia discusión sobre la naturaleza y composición del *trap* fue realizada por diversos autores. El francés Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819) publicó una extensa memoria sobre esta formación en la que defendía su origen volcánico (Faujas de Saint-Fond, 1788), de acuerdo con un importante estudio sobre los basaltos columnares de Auvernia llevado a cabo por el también geólogo francés Nicolas Desmarest (1725-1815). En este estudio se critica la obra de Wallerius, y en el que, por otro lado, no aparece el término *trap* en la que se describen en profundidad todas las características que ya se han comentado. Estas ideas habían sido adelantadas en la *Recueil de Planches*, de la *Encyclopédie*, y constituyen las primeras referencias sobre el origen ígneo del basalto (Desmarest, 1768, 1771). Un planteamiento en sentido contrario fue realizado por el neptunista irlandés Richard Kirwan (1733-1812), en sus *Geological essays* (Kirwan, 1799: cap. 1, §. 11, 185-203). Años después, los diferentes tipos de materiales *trapeanos* dentro de la teoría de Werner, donde se criticaba el supuesto origen ígneo, serían también tratados por otros autores (Jameson, 1802; 1808: 128-133, 148-149, 177, 185-206, 192-193; Ludwig, 1804: 14)^{nota 3}.

Considerando los componentes más característicos del *trap*, entre ellos el basalto y la hornblenda, las ideas al respecto fueron discutidas por el geólogo franco-austriaco Ami Boué (1794-1881), que había estudiado con Jameson en la capital escocesa, y que, en una carta a su antiguo maestro, defendía el origen ígneo de estos materiales, renunciando al Neptunismo (Boué, 1822). Esta misma duda ya había sido discretamente planteada dos décadas antes por otro alumno de Friburgo y uno de los primeros *desertores* de la corriente neptunista, Alexander von Humboldt (1769-1859), en su primer trabajo geológico sobre los basaltos del Rin (Humboldt, 1790), memoria que sirvió de antesala a su conversión al Vulcanismo-Plutonismo siguiendo las descripciones de Faujas de Saint-Fond, y tras su paso por las islas Canarias durante su viaje a las regiones equinociales del Nuevo Mundo (1799-1804). Otro discípulo de Werner, Christian Herggen (1765-1816) hizo, a su vez, algunas consideraciones sobre la variada composición del *trap*: comprendía el basalto, la roca verde (*groenstein*, de los suecos), los amigdaloides, la *wake* (un tipo de arenisca), y los esquistos porfídicos, entre otras rocas; esta observación es recogida en una nota a la versión francesa de una de las *Cartas americanas* de Humboldt dirigida a José Clavijo Fajardo (1726-1806), director en esa época del Gabinete de Historia Natural en Madrid, en la que analizaba algunas rocas de Venezuela (Humboldt, 1800: 78). Por otro lado, Herggen (1800: 249) cita los *traps* en San Idelfonso (Segovia) y los identifica con las *wackas* (rocas sedimentarias de los terrenos primitivos). Otro werneriano reconocido, Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768-1810), en sus *Tablas Mineralógicas*, señala en relación con el *trap* que sus rocas deberían formar una clase propia, por su singular estratificación, a veces sobre formaciones más antiguas, en otras ocasiones cubriendo un conglomerado de carbón, e incluso sobre arenisca de capas más recientes (Karsten, 1800: Prólogo). Este mismo autor dudaba además de que estas rocas se formasen por pre-

cipitación química, o que tuviesen un origen detrítico; no deja de ser, pues, un neptunista que no acaba de entender bien la génesis de estos materiales, pero incluye el *trap* (clase IV) en el grupo del basalto, sobre lo que expone variados ejemplos (Karsten, 1800: 84).

Un buen tratamiento mineralógico del *trap* se encuentra en uno de los diccionarios más populares de las primeras décadas del siglo XIX en el que se sostiene su origen volcánico (Mitchell, 1823); también en diversas *Encyclopædias* se discutió su estructura, composición y origen, atribuido igualmente en este caso a la acción volcánica (Brewster, 1832: 446-447; Phillips y Daubeny, 1845: 749-757). Asimismo, James D. Dana (1813-1895) hizo un amplio estudio de la mineralogía del *trap* (Dana, 1846) que influiría en la interpretación que Charles R. Darwin (1809-1882) efectuó de sus observaciones geológicas en Sudamérica durante su viaje en el *Beagle*, relacionando siempre las formaciones *trapeanas* con diques basálticos (Darwin, 1846)⁴. Unos años antes, en su estudio sobre las islas volcánicas, Darwin consideró que los materiales *trapeanos* no se encontraban expandidos bajo la corteza granítica de la Tierra, como se pensaba, sino que habían penetrado en estado fundido a lo largo de fisuras y posteriormente se habían enfriado (Darwin, 1844: 123).

La consideración de un origen ígneo para las formaciones *trapeanas*, a partir de la aceptación del basalto como lava solidificada, modificó totalmente las ideas que se tenían en esa época sobre el volumen y la extensión de la actividad volcánica en el pasado geológico.

Consideraciones sobre la introducción del término *trap* en Geología

En cuanto a la paternidad de esta expresión meramente en el campo de la Geología, es necesario hacer algunas precisiones. Según Zittel (1899: 165), el término *trap* fue introducido por el sueco Emanuel Swedenborg (1688-1772) en dos de sus obras: *Om watnens högd och förra världens starcka ebb och flod. Bewjs utur Swergie*, de 1719, y *Miscellanea observata circa res naturales*, publicada en 1722, para referirse a los basaltos; esto último es

reproducido por Sigurdsson (1999: 113) en referencia a la versión inglesa (Zittel, 1901: 116). Sin embargo, este término no aparece en ninguna de las ediciones de las obras mencionadas (Swedenborg, 1719, 1722/1847). Estas obras contienen, por otro lado, los fundamentos de la teoría neptunista⁵ de un océano universal que habría cubierto toda la superficie terrestre, cuya retirada paulatina dio lugar a la aparición de la tierra firme y a las masas continentales. No obstante, casi doscientos años después y según las ideas geológicas de principios del siglo XX, el geólogo y explorador sueco Alfred Gabriel Nathorst (1850-1921) interpretó como un *trap*, con una perspectiva totalmente anacrónica, la referencia que hace Swedenborg en relación con el origen del granito (*griseum/greystone*), en una línea de costa que señalaría el nivel alcanzado por el mar en Kinnekulla, Hunneberg y Billingen, así como en Vestrogothia (Swedenborg, 1719: caps. IV y VII; 1722/1847: 19/13; Nathorst, 1907: caps. XXII-XXXII). Según su clasificación (Swedenborg, 1722/1847: 5-12/5-9), las montañas correspondientes al *sexto* tipo están descritas a modo de una estructura de enormes dimensiones formada por el amontonamiento de grandes rocas escalonadas. Tampoco en esta descripción aparece el término *trappa*, ni se refiere en el texto a los basaltos, ni a ningún otro material asociado a fenómenos volcánicos. Todas estas formaciones se habrían originado, según Swedenborg, como *materiales sedimentarios* en un *océano primordial universal*. En este sentido, hay que tener en cuenta, como ya se ha comentado, que el autor sueco fue uno de los padres del Neptunismo. Por último, el célebre geólogo escocés Charles Lyell (1797-1875), tanto en los *Principles of Geology* como en los *Elements of Geology*, señala a Torbern Olof Bergman como el autor de este término (Lyell, 1833: 360; 1838: 142)⁶, sin otra referencia que la que se deriva de sus aseveraciones sobre la carta dirigida a Von Troil de 1776, a pesar de que no la menciona expresamente. Resulta, pues, obvio, que estos autores ignoraban las aportaciones de Rinman citadas con anterioridad, y que fue al parecer quien definió el término por primera vez y lo introdujo como concepto geológico.

Notas

¹ Durante muchos años se discutió si el basalto tenía un origen sedimentario (teoría neptunista) o ígneo (teoría plutonista-vulcanista). Sobre esta interesante e importante controversia geológica, siguen siendo indispensables las contribuciones ya clásicas de Geikie (1897: caps. IV-X), sobre los autores más relevantes que participaron en ella, y Adams (1938: cap. VII), en relación con el auge y caída del Neptunismo; véanse, además, Ospovat (1980), Engelhardt (1982), Greene (1982: cap. 1), Hallam (1983: cap. 1), Laudan (1987: caps. 5 y 7), Ellenberger (1994: 246-273), Dean (1998), Oldroyd (1999: cap. 4), Sigurdsson (1999: cap. 9), Rudwick (2005: 84-99), Young (2003: caps. 2-4, Sissingh, 2012: preferentemente caps. 1, 5, 8 y 9).

² Recuérdese que el término *fósil*, en su significado original, se aplicaba a todo lo "excavado de la tierra", es decir, a los restos orgánicos petrificados propiamente dichos, pero también a rocas y minerales. De hecho, Werner consideraba a la Mineralogía la "Historia Natural de los Fósiles" (*Naturgeschichte der Fossilien*).

³ El filósofo idealista germano G.W.F. Hegel (1770-1831) contribuiría también a la difusión de las ideas wernerianas (ya algo en desuso) sobre las formaciones *trapeanas* a través de los aspectos geológicos que trató en su *Naturphilosophie* sobre la historia y la estructura de la Tierra (Hegel, 1830: §. 339-340). Se ha utilizado la edición alemana (Suhkamp, Berlín, 1986) porque contiene las *Adiciones o Suplementos orales (mündlichen Zusätzen)*, que no aparecen en las versiones castellanas consultadas.

⁴ Resulta sorprendente que en la versión castellana de esta obra de Darwin (realizada por María Teresa Escobar en 2011) se haya traducido *trap* por *¡rocas sedimentarias!*

⁵ La obra neptunista por excelencia, *Protogaea*, de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), aunque escrita a finales del siglo XVII, no se publicó hasta 1749, algunos años después de las obras de Swedenborg y Linné.

⁶ Esta observación *no* figura en la traducción castellana de la última obra citada de Lyell realizada por Joaquín Ezquerro del Bayo en 1847.

Conclusiones

De acuerdo con las fuentes documentales originales consultadas, podemos concluir que:

- 1) El término *trap* tiene su origen en la minería sueca.
- 2) Posee una doble etimología: por un lado, en la forma *trapezoidal* de los cascajos en que se fragmentan los diques, y, por otro, en relación con la expresión *trappa*, que significa *escalera* en el antiguo escandinavo, por el parecido de los fragmentos con los peldaños.
- 3) Los materiales *trapeanos* estuvieron relacionados principalmente con el basalto y dentro de la controversia sobre su origen, bien como roca sedimentaria para los neptunistas, o como roca ígnea para los plutonistas-vulcanistas. La evolución tanto observacional como experimental de la petrología a lo largo del siglo XIX les dio la razón a los partidarios del Vulcanismo.
- 4) De los autores que se han señalado como introductores del término *trap* como concepto geológico, fue Sven Rinman quien lo utilizó por primera vez, en 1754, a partir del léxico minero.

Agradecimientos

Agradezco a los revisores Octavio Puche y Miguel León Garrido todas las sugerencias y observaciones hechas para mejorar este trabajo.

Referencias

- Adams, F.D., 1938. *The birth and development of the geological science*. Dover, Nueva York (ed. 1954), 506 p.
- Allaby, M., 2013. *A dictionary of geology and earth sciences*. Oxford University Press, Oxford (4th ed.), 660 p.
- Bergman, T.O., 1776. Letter XXV. From professor Bergman to Dr. Troil. Of the effect of fire, both at the volcanos and the hot springs; and also of the basalts. En: *Letters on Iceland*. (U. von Troil, 1780), (J. Robson, Ed, 2nd ed.) Londres, 338-400.
- Bergman, T.O., 1783. *Opuscula physica et chemica*. J.G. Müller Ed, Lipsiae [Leipzig], vol. III, IX +488 p.
- Boué, A., 1822. On the Geognosy of Germany, with observations on the origin igneous of trap. *Memoirs of the Wernerian Natural History Society*, 4(1): 91-108.
- Breislak, S., 1811. *Introduzione alla geologia*. Stampiera Reale, Milán (1ª parte), 367 p.
- Brewster, D. (Ed), 1832. Mineralogy. En: *The Edinburgh Encyclopaedia (The First American Edition)*, (J. Parker, D. Parker, Eds). Philadelphia, vol. XIII: 415-606.
- Brugmans, S.J., 1787. *Lithologia Groningana*. A. & J. Honkoop, Lugduni Batavorum [Leiden], 120 p.
- Cronstedt, A.F., 1770. *An essay towards a system of mineralogy*. E. & C. Dilly, Londres (trad. inglesa del original sueco de 1758), vol. XXXVI +329 p.
- Dana, J.D., 1846. Origin of the constituent and adventitious minerals of trap and the allied rocks. *Edinburgh New Philosophical Journal*, 41: 195-203 y 263-272.
- Darwin, C.R., 1844. *Geological observations on volcanic islands*. Smith, Elder & Co., Londres, 175 p.
- Darwin, C.R., 1846. *Geological observations on South America*. Smith, Elder & Co., Londres, 279 p. [versión castellana: *Observaciones geológicas en América del Sur*. Libros de la Catarata-CSIC, Madrid (trad. castellana 2011), 457 p.].
- Dean, D.R., 1998. Plutonists, neptunists, vulcanists. En: *Sciences of the Earth: An Encyclopedia of events, people, and phenomena*, (G.A. Good, Ed). Garland, Nueva York, vol. I: 691-695.
- Desmarest, N., 1768. Basalte d'Auvergne. En: *Recueil de Planches, sur les sciences, les arts libéraux, et les arts mécaniques: avec leur explication*. Briasson, David y Le Breton, Paris, tomo 6 (Histoire naturelle. Règne minéral. Sixième collection. Volcans), planche VII, 3-4.
- Desmarest, N., 1771. Mémoire sur l'origine et la nature du basalte à grandes colonnes polygones, déterminées par l'Histoire Naturelle de cette pierre, observée en Auvergne. *Histoire de l'Académie royale des Sciences, avec les Mémoires de Mathématique et de Physique*, 705-775 (publicado en 1774).
- Ellenberger, F., 1994. *Histoire de la Géologie*. Technique et Documentation (Lavoisier), Paris, tomo 2 (La grande écloison et ses prémices, 1660-1810), XVI +381 p.
- Engelhardt, W. von, 1982. Neptunismus und Plutonismus. *Fortschritte der Mineralogie*, 60(1): 21-43.
- Faujas de Saint-Fond, B., 1788. *Essai sur l'histoire naturelle des roches de trapp*. Serpente, Paris, 159 p. [2ª ed. con el título: *Histoire naturelle des roches de trapps, considérée sous les rapports de la géologie et de la minéralogie*. A. Belin, Paris (1813), 92 p.].
- Geikie, A., 1897. *The founders of geology*. Macmillan, Londres (2nd ed./1905: Dover, Nueva York; reimp. 1962), 486 p.
- Gerhard, C.A., 1782. *Versuch einer Geschichte des Mineralreichs*. C.F. Himbürg, Berlin, vol. 2, VIII +424 p.
- Greene, M.T., 1982. *Geology in the nineteenth century: Changing views of a changing world*. Cornell University Press, Ithaca, 324 p.
- Hall, J., 1805. Experiments on whinstone and lava. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 5: 43-76 (read, March 5, and June 18, 1798).
- Hallam, A., 1983. *Grandes controversias geológicas*. Labor, Barcelona (trad. castellana 1985), VII +180 p.
- Hegel, G.W.F., 1830. *Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse*. En: *Werke*, tomo 9 [II: *Die Naturphilosophie*]. Suhrkamp, Berlin (ed. 1986), 539 p.
- Herrgen, C., 1800. Continuación de los materiales para la Geografía mineralógica de España y de sus posesiones en América. *Anales de Historia Natural*, 3(marzo): 246-256.
- Humboldt, A. von, 1790. *Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein*. E.W.G. Kircher, Braunschweig, VIII +126 p.
- Humboldt, A. von, 1800. A Don José Clavijo Fajardo. En: *Lettres américaines d'Alexandre de Humboldt (1798-1807)*. (E.T. Hamy, Ed, 1890). Hachette, Paris (5ª ed. 2014), carta xxv, 73-78. [trad. castellana en: *Cartas americanas*. (C. Minguet, Ed, 1980). Biblioteca Ayacucho, Caracas, carta 22, 48-53].
- Hutton, J., 1788. Theory of the Earth, or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the globe. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 1(2): 209-304 [trad. castellana en: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12(2): 160-205 (2004)].
- Hutton, J., 1795. *Theory of the Earth, with proof and illustrations*. Cadell & Davies-Creech, Londres-Edimburgo, vol. I, VIII+610 p. [El cap. 1 reproduce Hutton (1788)].
- Jameson, R., 1802. Examination of the supposed origin igneous of the rocks of the Trapp-formation. *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, 3(October): 111-119.
- Jameson, R., 1808. *System of Mineralogy*. (Vol. III: *Elements of Geognosy*). W. Blackwood, Edimburgo, 368 p. [facsimile con el título: *The Wernerian theory of the Neptunian origin of rocks*].

- Hafner, Nueva York (1976), xxiv+xvi+367 p.].
- Karsten, D.L.G., 1800. *Tablas mineralógicas dispuestas según los descubrimientos mas recientes é ilustradas con notas*. M.J. de Zúñiga y Ontiveros, México (trad. castellana 1804 de la 3ª ed. alemana), 102 p.
- Kirwan, R., 1799. *Geological essays*. D. Bremner, Londres, xvi+502 p.
- Laudan, R., 1987. *From mineralogy to geology. The foundations of a science, 1650-1830*. University of Chicago Press, Chicago (ed. 1993), xii+278 p.
- Leibniz, G.W., 1749. *Protogaea*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse (trad. francesa 1859, ed. bilingüe latin-francés 1993), 262 p. [trad. castellana en: KRK, Oviedo (2006), 372 p.].
- Linné, C. von, 1744. *Oratio de telluris habitabilis incremento*. C. Haak, Lugduni Batavorum [Leiden], 104 pp. [versión castellana: *Discurso sobre el incremento de la tierra habitable* (trad. castellana 2004). En: *Historia de la Biogeografía. I. El periodo pre-evolutivo*. (N. Papavero, D. Martins Teixeira, J. Llorente Bousquets, y A. Bueno, 2004). Fondo de Cultura Económica, México, 133-143].
- Linné, C. von, 1745. *Öländska och Gothländska resa på riksens höglöflige ständers befallning förrättad åhr 1741*. Gottfried Kiese-wetter, Estocolmo-Upsala, 400 p.
- Linné, C. von, 1768. *Systema Naturae per regna tria naturae*. L. Salvius, Holmiae [Estocolmo], tomo III (*Regnum Lapideum*) (12ª ed.), 222 p.
- Ludwig, C.F., 1804. *Handbuch der Mineralogie nach A.G. Werner* (Zweyter Theil). S.L. Crusius, Leipzig, xii+226 p.
- Lyell, C., 1833. *Principles of geology*. J. Murray, Londres, tomo III, 398+160 p. [facsimile en: Chicago University Press, Chicago-Londres (1991)].
- Lyell, C., 1838. *Elements of geology*. J. Murray, Londres, 543 p. [ed. castellana: *Elementos de Geología*. Sociedad Geológica de España, Madrid (facsimile 1998 de la trad. castellana de 1847, de Joaquín Ezquerro del Bayo), 653 p.].
- Mitchell, J., 1823. *A dictionary of chemistry, mineralogy, and geology, in accordance with the present state of those sciences*. R. Phillips, Londres, 630 p.
- Nathorst, A.G., 1907. Emanuel Swedenborg as a geologist. En: *Opera quaedam aut inedita aut obsoleta de rebus naturalibus*. (A.H. Stroh, Ed). Ex officina Aftonbladet, Holmiae [Estocolmo], vol. 1 (*Geologica et epistolae*), XIX-LI.
- Newcomb, S., 2009. *The world in a crucible: Laboratory practice and geological theory at the beginning of geology*. Geological Society of America, Special Paper N° 449, 204 p.
- Oldroyd, D.R., 1996. *Thinking about the Earth: A history of ideas in Geology*. Athlon, Londres, xxx+410 p.
- Ospovat, A., 1980. The importance of regional geology in the geological theories of Abraham Gottlob Werner: a contrary opinion. *Annals of Science*, 37(4): 433-440.
- Phillips, J., Daubeny, C.G.B., 1845. Geology. En: *Encyclopædia Metropolitana; or; Universal dictionary of knowledge*, (E. Smedly, H.J. Rose, H.J. Rose, Eds). B. Fellowes, Londres, vol. VI, 529-808.
- Playfair, J., 1802. *Illustrations of the Huttonian theory of the earth*. Cadell & Davis-Creech, Edimburgo-Londres, 528 p. [facsimile en: Dover, Nueva York (1964)].
- Rinman, S., 1754. Anmärkningangående järnhaltiga jord-och stenarter. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 15: 282-297.
- Rinman, S., 1789. *Bergwerks lexicon*. Johan A. Carlbom, Estocolmo, vol. II, 1.274 p.
- Rudwick, M.J.S., 2005. *Bursting the limits of time. The reconstruction of geohistory in the age of revolution*. University of Chicago Press, Chicago-Londres, xxiv+708 p.
- Self, S., Coffin, M.F., Rampino, M.R., Wolf, J.A., 2015. Large igneous provinces and flood basalt volcanism. En: *The encyclopedia of volcanoes*. (H. Sigurdsson, Ed). Academic Press, Londres-Chicago (2ª ed.), 441-455.
- Sigurdsson, H., 1999. *Melting the earth. The history of ideas on volcanic eruptions*. Oxford University Press, Nueva York-Oxford, 260 p.
- Sissingh, W., 2012. *Rocky roads from Firenze. History of geological time and change 1650-1900*. Utrecht University, Faculty of Geosciences, Utrecht, XIV +711 p.
- Swedenborg, E., 1719. *Om watnens högd och förra werldens starcka ebb och flod. Bewjs utur Swergie*. J.H. Werner, Estocolmo, 40 p. [reproducido en: *Opera quaedam aut inedita aut obsoleta de rebus naturalibus*. (A.H. Stroh, Ed). Ex officina Aftonbladet, Holmiae [Estocolmo], 1907, vol. 1 (*Geologica et epistolae*), 1-27; versión inglesa: On the height of water and the strong tides in the primeval world. Proofs from Sweden. En: *Scientific and Philosophical Treatises by Emanuel Swedenborg*. (A.H. Stroh, Ed). Swedenborg Scientific Association, Bryn Athyn (PA), (trad. inglesa 1906), 1ª parte, fasc. 1, 27-53].
- Swedenborg, E., 1722. *Miscellanea observata circa res naturales*. Lipsiae [Leipzig], 173 p. [versión inglesa: *Miscellaneous observations connected with physical sciences*. W. Newbery, Londres (trad. inglesa 1847), 159 p.].
- Tex, E.D., 1996. Clinchers of the basalt controversy: empirical and experimental evidence. *Earth Sciences History*, 15(1): 37-48.
- Wallerius, J.G., 1778. *Systema mineralogicum*. Officina Krausiana, Vindobonae [Viena], tomo 1, 448 +(42) p.
- Werner, A.G., 1774. *Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien*. S.L. Crusius, Leipzig, 302 p.
- Werner, A.G., 1791. *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den Bergbau besonders den freiberghischen*. Gerlach, Friburgo, XL +256 p.
- Werner, A.G., 1794. Ueber den Trap der Schweden. *Bergmännisches Journal*, 2: 46-96.
- Werner, A.G., 1817. *Letztes Mineral-System*. Craz & Gerlach-Gerold, Friburgo-Viena, 58 p.
- Young, D.A., 2003. *Mind over magma. The story of igneous petrology*. Princeton University Press, Princeton-Oxford, XVIII +686 p.
- Zittel, K.A. von, 1899. *Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahr-hunderts*. R. Oldenbourg, Múnich-Leipzig, 868 p.
- Zittel, K.A. von, 1901. *History of geology and palaeontology to the end of the nineteenth century*. C. Scribner's Sons, Nueva York [trad. inglesa de Zittel (1899)], 562 p.

MANUSCRITO RECIBIDO EL 1-8-2017

RECIBIDA LA REVISIÓN EL 23-10-2017

ACEPTADO EL MANUSCRITO REVISADO EL 27-11-2017