

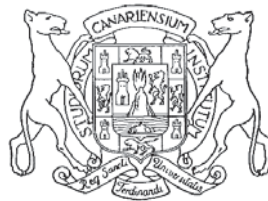
ESTUDIOS CANARIOS

ANUARIO DEL INSTITUTO DE ESTUDIOS CANARIOS

Consideraciones sobre la geología de las Islas Canarias en la obra de Alexander von Humboldt (1769-1859)

Some considerations concerning the geology of the Canary Islands
in the works of Alexander von Humboldt (1769-1859)

CÁNDIDO MANUEL GARCÍA CRUZ



LXI
2017

Consideraciones sobre la geología de las Islas Canarias en la obra de Alexander von Humboldt (1769-1859)

Some considerations concerning the geology of the Canary Islands in the works of Alexander von Humboldt (1769-1859)

CÁNDIDO MANUEL GARCÍA CRUZ¹

Resumen. Durante su breve estancia en Tenerife a finales del siglo XVIII, Alexander von Humboldt realizó diversas observaciones de gran interés para el conocimiento de la geología de las Islas Canarias, y en las que influyeron, además, sus experiencias en el Nuevo Mundo y en el sur de Italia. Humboldt describió básicamente el Pico de Tenerife como una inmensa montaña basáltica y el único volcán en el archipiélago, del que dependerían todas las erupciones acaecidas en el resto de las islas, como las erupciones históricas de Tenerife que serían derrames laterales del Teide. Considera asimismo que las Canarias, aunque no todas, han surgido como cráteres de elevación, o como consecuencia de la actividad volcánica submarina, pero no descarta su relación con la cordillera del Atlas. Rechazó las teorías físico-químicas sobre el origen de los volcanes, aceptando la idea del calor central del planeta. Finalmente, bajo una perspectiva holística y uniformitarista, sus trabajos en el Teide fueron el punto de partida para su abandono del Neptunismo, en el que se había formado en la Escuela de Minas de Friburgo, para abrazar posteriormente el vulcanismo-plutonismo, corriente que llegaría a consolidar en sus observaciones de los volcanes ecuatorianos y mexicanos.

Palabras clave: Alexander von Humboldt, geología, Islas Canarias, siglo XVIII.

Abstract. During his brief stay in Tenerife at the end of the 18th Century, Alexander von Humboldt carried out several observations of major significance for the geological knowledge of the Canary Islands, although those were also influenced by his experiences in the New World and Southern Italy. Humboldt described mainly the Peak of Tenerife as being a huge basaltic mountain, and also as the only volcano in this archipelago, so

¹ INHIGEO, candidomgc@gmail.com

that all of the eruptions which had happened in all of these islands should have depended on it, such as the historical eruptions in Tenerife, which should be lateral spillages from the Teide. Likewise, he considers the Canaries, although not all the islands, had emerged either as craters of elevation, or as a result of submarine volcanic activities, but a bearing on the Atlas Mountains was not ruled out. Humboldt rejected the physical-chemical theories concerning the origin of volcanoes, agreeing with the view of the central heat of the planet. Finally, though Humboldt had been trained as a Neptunist in the School of Mines at Freiberg, his works in the Teide, from a holistic perspective and as an Uniformitarianist, were the starting point for abandoning the former philosophy, embracing the Vulcanism-Plutonism, and consolidating these thoughts on his observations about the Ecuadorean and Mexican volcanoes.

Key words: Alexander von Humboldt, geology, Canary Islands, 18th Century.

Lorsque les îles Canaries auront été un jour examinées dans toutes les parties qui composent le système de ces montagnes, on reconnoîtra qu'on s'est trop hâté en regardant le groupe entier comme soulevé par l'action des feux sous-marins².

ALEXANDER VON HUMBOLDT
*Voyage aux régions équinoxiales du
Nouveau Continent*
(1814, p. 99)

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo xv, tras el descubrimiento de América, y a lo largo de cuatrocientos años, las Islas Canarias se convirtieron en escala obligada de numerosas expediciones transoceánicas, tanto de expansión colonial propiamente dicha o de exploración e investigación. De todos los viajeros naturalistas que recalaron en Canarias durante el período de la

² Cuando las islas Canarias sean un día examinadas en todas las partes que componen el sistema de estas montañas, se convendrá que es muy apresurado considerar que el grupo entero ha sido solevantado por la acción de los fuegos submarinos (traducción nuestra).

Ilustración, Alexander von Humboldt³ (1769-1859) fue sin duda el que más huella ha dejado, a pesar de que su estancia, solo en Tenerife en 1799, apenas duró cinco días. Esto se debe a que en su ingente obra hace referencia al archipiélago canario en numerosas ocasiones desde un punto de vista geográfico, geológico y botánico, pero también histórico, antropológico, etnográfico y sociológico. Además, sus observaciones sobre la naturaleza de las islas sirvieron de estímulo para numerosos investigadores, especialmente botánicos y geólogos, que hicieron de ellas, por sí mismas, un fin predeterminado y destino último de sus expediciones.



Fig. 1. Alexander von Humboldt en 1814 (autorretrato, en Bruhns, 1872, tomo II).

Con una excelente formación intelectual, Humboldt había estudiado geognosia en Gotinga, y asistió entre 1791 y 1792 a las clases de la ya famosa Escuela de Minas (*Bergakademie*) de Friburgo⁴, donde se forjó en

³ Sobre la vida de Humboldt hay abundante bibliografía; véanse, entre otras muchas, Biermann (1981), Botting (1973), Bruhns (1872), Gándara & Rebok (2008), Herrera Piqué (1987: 162-172; 2006: 339-368; 2009: cap. 1), Holl & Fernández Pérez (2002: caps. I-III), Rupke (2008), Wulf (2015).

⁴ Para estos aspectos en relación con la minería, véanse Botting (1973: cap. 2), Fernández Pérez (2002: cap. 2), Gebauer (1985: 17-32), Holl & Fernández Pérez (2002: cap. III), Kölbl *et al.* (2006), Veigel (1999).

gran medida la consolidación de la geología como ciencia en Alemania⁵. En esa época estaba dirigida por Abraham Gottlob Werner (1749/1750-1817), en cuyas enseñanzas imperaba el Neptunismo, que abogaba por un origen acuoso para toda clase de rocas⁶, incluido el basalto⁷; todas las formaciones rocosas eran fruto de la precipitación y de la sedimentación a partir de un océano universal primigenio, aunque esta idea, en el caso particular de Werner, no tenía una base bíblico-hexameral en referencia al Diluvio Universal a pesar de ser deísta; por otro lado, se infravaloraba en general el efecto de la erosión como agente geológico, aunque el propio Werner y algunos de sus discípulos le daban una cierta importancia. En esa Escuela de Minas Humboldt conoció a Leopold von Buch⁸ (1774-1853),

⁵ Sobre la importancia de esta escuela en el desarrollo de la geología germana, véase Guntau (2009).

⁶ Los principios de la corriente werneriana se encuentran en *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten*, trabajo sobre clasificación y descripción de las rocas (Werner, 1786), y que ejemplificaría unos años más tarde en *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den Bergbau besonders den freibergischen*, teoría sobre la formación de los diques (Werner, 1791: cap. I, pp. 1-6); estos principios estuvieron en vigor durante casi medio siglo tras la publicación de estas obras; para una ampliación al respecto, véanse, además, Dean (1998), Ellenberger (1994: 246-273), Engelhardt (1982), Hallam (1983: 2-18), Laudan (1987: caps. 5 y 7), Ospovat (1980), Rudwick (2005: 84-99).

⁷ Werner (1788).

⁸ Algunos de los más eminentes geólogos europeos de esa época pasaron por la Escuela de Minas de Friburgo atraídos por la personalidad de Werner y el atractivo de sus clases, por su elocuencia, entusiasmo y persuasión (Wagenbreth, 1999: cap. 3). Además de Humboldt y Buch, entre sus alumnos destacaron el escocés Robert Jameson (1774-1854), los franceses Jean-François d'Aubuisson de Voisins (1769-1841) y André Brochant de Villiers (1772-1840), los alemanes Franz von Baader (1765-1841), Friedrich Mohs (1773-1839), y Johann von Voigt (1752-1821), este último, posteriormente, uno de los grandes críticos del Neptunismo; también asistieron algunos españoles como Josep Ricarte (¿-1794) y Fausto de Elhuyar (1755-1833), y el hispano-mexicano Andrés Manuel del Río (1764-1849); incluso autores románticos como Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), o Georg Philipp Friedrich von Hardenberg (1772-1801), más conocido por su pseudónimo Novalis, fueron discípulos wernerianos. Después del fallecimiento de Werner, algunos geólogos e ingenieros de minas españoles también se formaron en esa Escuela, tal fue el caso de Joaquín Ezquerro del Bayo (1793-1859), Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847), Felipe Bauza Bavara (1801-1875), Rafael Amar de la Torre (1802-1874), e Isidro Sainz de Baranda (1806-?), piezas clave en el desarrollo de la minería y de la introducción de nuevos conceptos y métodos geológicos en España.

con el que mantuvo una amistad durante toda su vida; ambos se influyeron mutuamente en el estudio de la geología, y Humboldt fue prácticamente el responsable de la orientación de Buch hacia el vulcanismo y de su visita a las islas Canarias en 1815.

Humboldt se replanteó su futuro después de haber trabajado un tiempo como inspector de minas para el gobierno prusiano en una amplia zona que iba desde Franconia hasta las montañas Fichtel, pasando por Silesia y Brandeburgo, puesto en el que había realizado una labor encomiable a favor de los trabajadores. El hecho de haber nacido en una familia noble y acomodada le facilitó su decisión de dedicarse plenamente y de por vida al estudio del mundo natural de primera mano, alejado de su entorno geográfico más inmediato. De esta forma, rechazó sus responsabilidades dentro de la administración prusiana como inspector jefe, ya que ni este puesto, ni el servicio diplomático, al que parecía haber sido *destinado* por su propia madre, colmaban sus expectativas y le mantenían altamente insatisfecho. Tal fue así que en 1793 decidió abandonar lo que hubiera significado para él una buena posición social, y bajo sus deseos de conocer la naturaleza, y, sobre todo, de comprenderla y disfrutarla, le llevaron a realizar numerosos viajes a lo largo de su vida por Europa, Asia y América. Esto dio como resultado una obra monumental e hizo de su autor uno de los personajes más célebres e influyentes en la historia del conocimiento.

Uno de estos viajes, y sin duda el que más contribuyó a la celebridad, lo realizó a las regiones equinociales del Nuevo Mundo⁹ junto con el botánico francés Aimé Bonpland (1773-1858). Una parte importante de esa expedición desde el punto de vista personal para el naturalista prusiano fue lo que se ha dado en llamar “el viaje a las Islas Canarias” de Humboldt, que, en realidad, consistió en una pequeña escala en Tenerife¹⁰ de apenas

⁹ Humboldt no pudo preparar adecuadamente este viaje a partir de los autores y trabajos que le precedieron, cuya lectura y estudio realizó una vez regresado a Europa (Griep, 2005). Sobre este viaje americano la bibliografía es muy extensa; además de otras obras ya citadas sobre su biografía, véanse, por ejemplo, Álvarez López (1965), Castro Morales (2007), Cuesta Domingo & Rebok (2008), Erickson *et al.* (2004), Gottschalk *et al.* (1999), Herrera Piqué (2009), Holl (2005), Pimentel (2004), Puig-Samper & Rebok (2010), Walls (2009), Wulf (2015).

¹⁰ En casi todos los trabajos sobre Humboldt hay algún comentario, más o menos extenso, sobre su estancia en Tenerife. Para un tratamiento específico de dicha escala y su significado, véanse concretamente Bourguet (2002), Cionanescu (1960), Hernández

cinco días, y que, a pesar de su brevedad, no careció de relevancia. Por un lado, sus escritos sobre Canarias influyeron en numerosos autores, viajeros y exploradores, sobre todo foráneos y no solo naturalistas, entre ellos Sabin Berthelot (1794-1880), Richard Francis Burton (1821-1890), u Olivia Stone (1855-?)¹¹. Por otro lado, su significado en el campo de la ciencia geológica se tradujo en la concreción en gran medida de su pensamiento sobre el vulcanismo, mucho más coherente con la realidad observada que con su aprendizaje en Alemania. Estas relaciones del naturalista prusiano con la geología¹² de las Islas Canarias serán analizadas en los apartados que siguen.

LA GEOLOGÍA DE LAS ISLAS CANARIAS EN LA OBRA DE HUMBOLDT

La excelente formación que Humboldt había recibido durante su estancia en la Escuela de Minas de Friburgo quedó reflejada ya desde su primer informe geológico, una amplia y completa memoria sobre la mineralogía de los basaltos del Rin (Humboldt, 1790). Casi toda su obra está dedicada a la vulcanología, a excepción de un bosquejo geológico sobre la América meridional, y un ensayo sobre las rocas de los dos hemisferios (Humboldt, 1801, 1802, 1823b); previamente, también había expuesto algunos aspectos geológicos del continente sudamericano en dos de sus *Cartas americanas*¹³ fechadas en 1800, una al Barón Phillipe de Forell¹⁴ (1758-1808), embajador de Sajonia en Madrid, y otra a José Clavijo y Fa-

González (1995, 2005, 2008), Heyd (2015). Gebauer (1985) elabora *su libro* a partir de la copia literal de numerosos párrafos de la traducción de Lisandro Alvarado (ed. 1956) (véase la nota 17carb), y no merece comentario adicional alguno.

¹¹ Sobre estos viajeros que visitaron Canarias a lo largo del siglo XIX, véase Castillo (2010: 175-214).

¹² Además de las observaciones geológicas, Humboldt realizó también estudios dentro de la ciencia natural sobre corrientes marinas, meteorología, geomagnetismo y botánica, que no serán tratadas en este trabajo.

¹³ De esta obra existen versiones en varios idiomas, entre ellas una en castellano a partir de una recopilación (incompleta) de Charles Minguet con traducción de Marta Traba (1980), algo defectuosa en cuanto a la terminología geológica utilizada. Por este motivo, se ha preferido manejar la edición francesa de 1890 de Ernest-Théodore Hamy.

¹⁴ Carta xxiv: «Al Barón de Forell, Caracas, 3 de febrero de 1800» (Hamy, 1890: 64-72).

jardo¹⁵ (1728-1806), escritor y naturalista, vinculado en aquella época al Real Gabinete de Historia Natural de Madrid.

El vulcanismo lo define como el conjunto de fenómenos complejos que se deben a la reacción permanente del interior de la Tierra sobre su superficie (Humboldt, 1858 [tomo iv]: 733-734); como causa fundamental alega el calor central del planeta (véase más adelante), y la consideración de este calor interno, cuya valoración se había incrementado en las últimas décadas, y había permitido agrupar distintos fenómenos geognósticos bajo una misma relación causal, reconocimiento este al que siempre había aspirado el naturalista prusiano como una visión global¹⁶ más a escala planetaria (Humboldt, 1845 [tomo i]: 108).

Además de sus amplias referencias a los volcanes en su *Viaje a las regiones equinociales del Nuevo Continente*, empezando por los capítulos dedicados a Canarias (Humboldt, 1814; 1814/1941)¹⁷, sus estudios a este respecto se encuentran fundamentalmente en *Vistas de las cordilleras...* (Humboldt, 1816, 1ª parte: 55-89), *Cuadros de la naturaleza* (Humboldt, 1823a/1849), *Cosmos* (Humboldt, 1845 [tomo I]: 114-132; 1858 [tomo IV]: 733-892; 1862 [tomo v]: 893-928), y *Mélanges de Géologie et de Physique générale* (Humboldt, 1853).

Si exceptuamos las *Cartas americanas*, toda la obra de Humboldt, incluyendo algunas de sus observaciones sobre el vulcanismo de las Islas Canarias, están escritas con posterioridad a su regreso del Nuevo Mundo, y después incluso de sus viajes por Italia. Esto significa que dichas observaciones sobre el medio volcánico canario hay que enmarcarlas en el aprendizaje del sabio prusiano tras su contacto directo con los volcanes americanos, de la región andina y de México, y, posteriormente, de la zona volcánica del sur de Italia, que le permitieron hacer comparaciones en busca, sobre todo, de analogías. Este método comparativo resulta evidente en las referencias continuas que se hacen a esas experiencias en los capítulos dedicados a las islas. Y no hay que olvidar, por otro lado, como ya se

¹⁵ Carta xxv: «A don José Clavijo Fajardo», Caracas, 3 de febrero de 1800” (Hamy, 1890: 73-78).

¹⁶ Sobre la visión de conjunto que tenía Humboldt de la naturaleza y la diversidad de conocimientos, véase el excelente estudio de Heyl, (2007).

¹⁷ Las referencias a esta obra serán siempre a la edición francesa original de 1814, y a la traducción castellana de Lisandro Alvarado de 1929 (ed. 1941, citada como 1814/1941). Véase la bibliografía para otras ediciones.

ha comentado, que Humboldt estuvo únicamente, y apenas cinco días, en Tenerife.

La parte descriptiva más importante sobre el archipiélago se encuentra en la obra *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente* (tomo I, libro I, caps. I y II).

1. Aspectos geológicos de La Graciosa y Lanzarote

En el capítulo I (Humboldt, 1814: 39-98; 1814/1941: 35-112) expresa su primera percepción de la geología canaria a través de las observaciones visuales realizadas desde la corbeta *Pizarro*¹⁸.

Durante algunas horas desembarcaron en La Graciosa, que a Humboldt le recuerda los promontorios de lava en las cercanías de Nápoles. No encontró basaltos columnares, sino en forma de capas compactas de pequeño espesor e inclinadas que alternan con basaltos porosos, lo que interpreta como margas, con grandes cristales de olivino laminar y carentes de anfíbol. Las capas de marga se encuentran alternando con basaltos que se dividen en pequeños prismas irregulares análogos a los que nombra como trapeanos en referencia a las rocas del trap^{19,20}. Esta marga, que en

¹⁸ En esta corbeta habían embarcado en La Coruña con destino a La Habana, primero, para proseguir posteriormente a México, y había recibido la orden de hacer una escala en Tenerife para que los naturalistas pudieran ascender al Pico del Teide. Para los preparativos y vicisitudes de este viaje, antes de su llegada a Canarias, véase Humboldt (1814: 39-81; 1814/1941: 35-93).

¹⁹ El *trap* o *trapp* (del escandinavo antiguo, *trappa*, escalón, escalera), lo entendía Werner como cualquier roca caracterizada por la presencia de hornblenda y arcilla negra rica en hierro, de tal forma que toda roca *primitiva* (véase la nota 25) que contuviese principalmente hornblenda, pertenecía a la formación del *trap primitivo* (Werner, 1791, §. 49, 64 y 128). Posteriormente se definió como rocas extrusivas, o hipabisales no graníticas, de grano fino y color oscuro, como basaltos, peridotitas, diabasas o gabros. También se aplicó a una formación de grandes dimensiones y estructura escalonada, por apilamiento de capas lávicas de basaltos toleíticos, regulares y horizontales, emitidas por volcanismo fisural (véase la nota siguiente). Los primeros estudios sobre esta formación en Canarias se relacionaron con el Complejo Basal de Fuerteventura y fueron realizados por Hartung (1857), y posteriormente por Fúster *et al.* (1968a,b).

²⁰ Según Sigurdsson (1999: 113), el término *trap* fue introducido por el sueco Emanuel Swedenborg (1688-1772), en su obra *Observations of Natural Things* (sic) para referirse a los basaltos. Sin embargo, ni en la edición latina original (Swedenborg, 1722) ni en su traducción inglesa (1847) aparece este término. Por otro lado, Nathorst (1908:

realidad son *caliches*, posee mucha cal y hace efervescencia con el ácido nítrico. Humboldt se pregunta si la presencia de marga se debe a las erupciones lodosas que encierran las montañas trapeanas, o más bien habría que considerarlas como depósitos acuosos que alternan con los volcánicos. Esto mismo observará en Lanzarote, y, sin dudarlo, se queda con la primera hipótesis, renunciado a la visión neptunista como origen de estos materiales. Por otro lado, las playas de esta pequeña isla están constituidas por dos tipos de arena, una negra y basáltica (formada por restos de magnetita fundamentalmente), y otra blanca y cuarzosa (de origen orgánico y toba fragmentada). En su retorno a la corbeta observa Humboldt un entorno geológico de escollos y materiales basálticos a flor de agua que le lleva a imaginar aquellos tiempos remotos en que los volcanes submarinos habían dado origen a nuevas islas o desgarraron los continentes.

Después de La Graciosa, sus primeras observaciones se refieren a la costa occidental de Lanzarote, la que fue afectada por la larga erupción de Timanfaya entre 1730-1736, y que destruyó una cuarta parte de la superficie de la isla. A pesar de que Humboldt ya tiene en mente el vulcanismo como fenómeno constructivo, percibe este paisaje como un país que ha sido recientemente modificado por los fuegos volcánicos. Esto viene a significar para él, como veremos también más adelante, que la actividad volcánica no ha sido la responsable de la generación de las islas, al menos no de todas ellas, pero sí de alterar sus características fisiográficas. Sin embargo, identifica basaltos estratificados en capas muy delgadas que,

7) interpreta como *trap* la referencia que aparece en Swedenborg (1722/1847: 19/13) en relación con el origen del granito (*griseum/greystone*), pero no del basalto; si bien es cierto que las montañas correspondientes al *sexto* tipo según su clasificación (Swedenborg, 1722/1847: 6-7/5-6) están descritas a modo de una estructura de enormes dimensiones formada por el amontonamiento de grandes rocas escalonadas, no aparece el término *trappa* en dicha descripción ni se refiere en el texto a los basaltos, y ni a ningún otro material asociado a fenómenos volcánicos, puesto que todas estas formaciones se habrían originado, según Swedenborg, en un *océano diluvial universal*. Hay que tener en cuenta que el autor sueco fue uno de los padres del Neptunismo. Por otro lado, y en referencia probablemente a Troil (1780: 392) aunque no lo cita, Lyell (1833: 360; 1838: 142) señala a Torbern Olof Bergman (1735-1784) como el autor de este término (observación que no figura en la traducción castellana de la última obra). Sin embargo, parece ser que fue Sven Rinman (1720-1792) quien utilizara por primera vez el término *trap*, y no en relación con una escalera sino con los fragmentos rectangulares en que se rompen los diques (Rinman, 1754: 293); véanse Hawkes (1942), Tröger (1935: 335).

además, reconoce poseen una fuerte inclinación, y compara algunas de las colinas existentes, o pequeños domos, con las que se encuentran en la zona del Jorullo, en Michoacán²¹, y Monte Novo, cerca de Nápoles, así como algunas colinas o terromonteros que se elevaron del fondo del océano por los fuegos submarinos, como en Timanfaya, y que luego se unieron a la isla de Lanzarote.

Algunas de las formaciones que observa en la distancia en Lanzarote las interpreta como montañas trapeanas, en cuya composición supone la existencia de materiales margosos que se van alternando en forma de depósitos lodosos con los volcánicos, de acuerdo con las ideas expuestas por James Hall en sus experimentos geológicos sobre el vulcanismo²². Las margas son materiales sedimentarios que no se encuentran entre los productos volcánicos; lo que Humboldt realmente estaba observando era la alternancia de capas basálticas y depósitos de caliches ya citadas, que por su coloración y propiedades confunde con las rocas margosas, y que conforman una parte del paisaje de las islas orientales.

Una observación del mayor interés es la que tiene que ver con la posible unión, en una sola isla, de Lanzarote, Fuerteventura y Lobos en el pasado²³, y que Humboldt reconoce que ya había sido propuesta por fray Juan de Abreu Galindo²⁴ en el siglo XVII, en un estudio histórico sobre la conquista de las islas Canarias (Abreu Galindo, 1632: 11).

Casi finalizando este capítulo, Humboldt hace una reflexión sobre la constitución profunda de las islas, a partir de algunos datos petrológicos y mineralógicos (sobre lo que volverá a insistir más adelante): la posible presencia de granito en Tenerife y la referencia a esquistos micáceos en el núcleo de La Gomera, así como esa arena cuarzosa extraña a las lavas hal-

²¹ Sobre las investigaciones de Humboldt particularmente en el volcán Jorullo, véanse Holl (2005: 113-121), Urquijo Torres (2008).

²² Humboldt se refiere a los trabajos de sir James Hall of Dunglass (1761-1832), uno de los fundadores de la geología experimental, sobre el efecto de la compresión sobre el calor; véanse Hall (1804, 1805, 1812).

²³ De hecho, esas islas comparten el mismo basamento o edificio submarino junto con La Graciosa y los islotes de ese entorno, que debieron quedar separados probablemente debido a procesos eustáticos tras el final de la última glaciación, hace unos 12.000 años.

²⁴ Al parecer, *Juan de Abreu Galindo* es un pseudónimo apócrifo de un autor desconocido. Sobre la supuesta identidad de Abreu Galindo, véase Cebrián Latasa (2008).

lada en La Graciosa, le hacen suponer que las islas Canarias, al igual que ocurre en los Andes ecuatorianos, en Grecia, en Auvernia, y en la mayor parte del Globo, el fuego subterráneo se ha abierto paso por entre rocas de formación primitiva²⁵ (Humboldt, 1814: 89-90; 1814/1941: 101).

2. Aspectos geológicos de Tenerife

El capítulo II (Humboldt, 1814: 99-197; 1814/1941: 115-241) está dedicado a su estancia en Tenerife, con algunas observaciones generales que muestran la extraordinaria formación geológica de su autor desde un punto de vista tanto teórico como empírico. En calidad de geólogo, le interesa en primer lugar observar las relaciones que se presentan entre los terrenos volcánicos y los primitivos y secundarios en un mismo punto del planeta. Y eso precisamente es lo que se pregunta Humboldt, si las islas no encierran rocas primitivas o secundarias, asunto altamente problemático que ha preocupado a diversos naturalistas que han visitado Canarias algunos años antes. Al menos en Tenerife, sostiene, que no ha llegado a observarlas²⁶, a pesar de algunos informes que reconocen arcillas duras y ferruginosas, y que no son otra cosa que materiales fruto de la lixiviación de otros volcánicos y de su transporte y depósito al pie de los volcanes. Aun así, nada le impide suponer que el archipiélago canario pueda contener materiales secundarios si se tiene en cuenta que las revoluciones volcáni-

²⁵ En esa época, y siguiendo los postulados de la escuela de Werner (nota 6), los terrenos que conformaban las capas de la Tierra se clasificaban en *terrenos primitivos* o *primarios* (depositados en las zonas más internas de la corteza, con una mezcla confusa de minerales, y sin restos orgánicos); *terrenos de transición* (inmediatamente encima de los anteriores, donde ya empiezan a aparecer restos de seres vivos); *terrenos secundarios* (generalmente estratificados sobre los de transición, con abundantes vestigios de organismos); y *terrenos de aluvión* (compuestos por fragmentos de los anteriores, con restos orgánicos, y por lo general descansan sobre los secundarios, pero también podrían aparecer sobre los primarios); estos cuatro grupos se habrían originado por sedimentación acuosa. En muchas zonas de la Tierra también existían otros terrenos, los *volcánicos*, que se habrían formado por la acción de los fuegos subterráneos, en contra de las enseñanzas de Werner, y a favor de la filosofía plutonista-vulcanista; véanse Adams (1938: cap. VII), Oldroyd (1996: cap. IV).

²⁶ Esta última idea sobre la naturaleza volcánica de los terrenos de Canarias es la que asume Humboldt en sus escritos, a pesar de usar una metodología netamente werneriana (Baumgärtel, 1969).

cas se han sucedido en el tiempo, y que en las islas el fuego subterráneo se ha encendido en medio de un sistema de basaltos y lavas muy antiguas (Humboldt, 1814: 208-209; 1814/1941: 172).



Fig. 2. Interior del cráter del Pico de Tenerife; dibujo de Ferdinand Gottlob Gmelin según un boceto de A. von Humboldt, grabado de Pietro Parboni (Humboldt, 1810, lámina LIV).

La isla, en general, en comparación con la zona de Somma (en el Vesubio), le parece el resultado de un derrame submarino en el que la lava ha formado verdaderas capas, aunque todas las estructuras y los fenómenos volcánicos no tienen por qué ser semejantes a los del sur de Italia, especialmente el Vesubio, el Estrómboli o el Etna, atendiendo a la gran variabilidad de los volcanes.

Las consideraciones geológicas más importantes que efectuó Humboldt en Tenerife fueron, sin duda, en relación con sus observaciones sobre el Pico del Teide. Éstas se encuentran ya en las cartas que envió a mediados de 1799 a su hermano Wilhelm²⁷, y a varias de sus amistades, como el ya mencionado Barón de Forell²⁸, a Johann Andreas Suchfort²⁹, filólogo

²⁷ Carta XIII: «A W. de Humboldt, Puerto Orotava, al pie del Pico de Tenerife, 20-23 de junio de 1799» (Hamy, 1890: 19-22).

²⁸ Carta XIV: «Al Barón Forell, Orotava, 24 de junio de 1799» (Hamy, 1890: 22-23); y Carta XVII: «Al Barón Forell, Cumaná, 16 de julio de 1799» (Hamy, 1890: 28-31).

²⁹ Carta XV: «A Suchfort, Tenerife, 28 de junio de 1799» (Hamy, 1890: 24-25).

de Gotinga, y a Jean-Claude Delamétherie³⁰, médico y naturalista francés, director del *Journal de Physique et de Chimie*. Algunas de dichas cartas están fechadas en Tenerife, y otras ya en Venezuela, correspondencia que está recogida en las citadas *Cartas americanas*.

En su breve estancia en la isla y tras el ascenso al Pico, Humboldt percibió diversos aspectos geológicos en relación con el Teide, además de la belleza y magnificencia del paisaje³¹. Humboldt se refiere en diversas ocasiones al Pico de Tenerife como *pan de azúcar* o *pitón* (Humboldt, 1810: 275; 1814: 94, 95, 128, 131; 1814/1941: 107, 108, 152, 157), errores que hay que entender dentro de la confusión propia de la época³². Por otro lado, califica al Teide de «inmensa montaña basáltica», sobre la que observó algunas rocas como el *Porphyr-schiefer* y la *Obsidian-porphyr*, según la terminología alemana de su maestro de la Academia de Minas de Friburgo (Werner, 1786, §11), y que le hizo suponer que las lavas debían de ser del mismo tipo de rocas fundidas, que se corresponderían, respectivamente, con esquisto porfídico o pórfido pizarroso (en realidad eran fonolitas) y pórfido-obsidiana. En la segunda carta que envió a Farell, entre estos términos petrológicos incluye también la piedra calcárea (caliches). Los esquistos y las pizarras son rocas metamórficas, por lo que no se encuentran en Canarias, y lo mismo sucedería con la piedra calcárea en cuanto roca sedimentaria.

Por otro lado, Humboldt dilucida el origen de la *piedra pómez* sobre lo que se ha discutido tanto, y que, para él, *claramente*, en lugar de proceder de los feldespatos, se trata de *obsidiana fundida y descompuesta*.

³⁰ Carta XVIII: «A J. C. Delamétherie, Cumaná, 30 mesidor año VII [18 de julio de 1799]» (Hamy, 1890: 31-35).

³¹ En última instancia, la *estética* era el eslabón metodológico que le unía al movimiento romántico; véanse, a este respecto, Dettelbach (1999), Minca (2007).

³² En geomorfología, *pan de azúcar* se aplica a los cerros elevados, de forma cónica, principalmente de composición granítica; *pitón* o *cuello volcánico* designa el antiguo conducto de alimentación de un volcán, de forma cilíndrica, relleno de lava solidificada que ha quedado al descubierto por la erosión, estructura que en Canarias se denomina *roque*. El error es totalmente incomprensible en la edición (¡corregida!) de 1995 (Humboldt, 1814/1995), donde *pitón* ha sido sustituido por *pilón* como sinónimo de *pan de azúcar*, porque en este caso ambos términos no poseen relación alguna con la geología. Dentro de la vulcanología actual, y dada su naturaleza como edificio volcánico, sería totalmente incorrecto referirse al pico del Teide con alguna de estas tres expresiones.

Ambos tipos de rocas son vidrios volcánicos, aunque su composición, porosidad y textura son diferentes.

Algunos años más tarde, y ya de regreso a Europa, Humboldt expresó nuevamente estas ideas en relación con el Pico de Tenerife en dos breves párrafos que acompañan a una ilustración del interior del cráter (Fig. 2) de su *Atlas Pittoresque* (Humboldt, 1810: 275-276).

Humboldt describe el Teide como un cono de gran pendiente, formado por un conjunto de lavas sólidas estratificadas y corroídas por la acción de los gases sulfurosos que emanan del pico, al que considera una solfatar, con una elevada producción de azufre y sulfato de hierro. Estas capas de lavas vitrificadas, semejantes a las del Vesubio³³, estarían compuestas esencialmente de pórfido, obsidiana y piedra pómez. En la composición de los basaltos del Pico entraría la corneana³⁴ y el crisólito basáltico (olivino vitificado). Analizando las coladas que se extienden en la llanura al pie del Teide, donde predomina la retama blanca, el naturalista prusiano deduce que aquéllas proceden de erupciones laterales, y no del Pico, que no habría entrado en erupción desde hacía siglos. Esta misma idea la utiliza para considerar erupciones laterales del gran volcán de Tenerife algunas colinas en forma de campana (en referencia probablemente a La Montañeta y Las Arenas, cerca de La Orotava-Puerto de la Cruz), así como Chahorra, Montaña Colorada y Urca, en el entorno del Teide. Para esto también se apoya, por un lado, en la observación realizada por el ingeniero y geólogo francés Louis Cordier (1777-1861)³⁵, sobre el área eruptiva de Pico Viejo, en la ladera de Chahorra, del que piensa que ha jugado un papel más importante en las antiguas erupciones de Tenerife (Cordier, 1803), y por otro, en las de su amigo Buch en relación con la ausencia de leucita en estos materiales³⁶. También en esta misma área, los respiraderos que los nativos del lugar denominaban Narices del Teide, había sido considerada las aberturas de

³³ En 1804, Humboldt, en compañía de Leopold von Buch y Louis Joseph Gay-Lussac, había visitado el Vesubio, y allí fue testigo de la pequeña erupción de agosto de 1805.

³⁴ En el original, *cornéenne* (*Hornfels* en alemán, roca en forma de cuerno), roca metamórfica denominada *corneana* en castellano.

³⁵ Louis Cordier fue el geólogo más relevante que visitó Tenerife en esa época; a él se debe la primera descripción geológica de Las Cañadas y Pico Viejo; véanse, por ejemplo, el reconocimiento hecho por algunos de sus contemporáneos, como Barker-Webb y Berthelot (1839/2006: 52-54/50-52), y Buch (1825a/1877: 233/431).

³⁶ Buch (1809: 221).

un enorme aparato destilatorio cuyo fondo estaría situado bajo el nivel del océano. Sin embargo, Humboldt pone en duda esta hipótesis³⁷: no cree que las aguas del mar sean absorbidas, destiladas y descompuestas por los volcanes, a pesar de que los de mayores dimensiones no se encuentran muy alejados de la costa (Humboldt, 1814: 129; 1814/1941: 153).

Es en este contexto de su ascensión al Pico donde Humboldt cita por primera vez el término *caldera*, y la define como una muralla circular que le recuerda las *oules* de los Pirineos en referencia al comentario hecho por Louis-François Ramond (1755-1827), en su obra *Voyages au Mont-Perdu* (Humboldt, 1814: 132; 1814/1941: 157). Para este geólogo y explorador francés, la estructura geológica de algunos valles en torno al Monte Perdido, sobre todo al pie del pico Marboré, constituía el *circo*³⁸ por excelencia, estructura a la que los habitantes de la región llamaban *oule*, término derivado del latín con el significado de *olla* o *caldera*, y que, según este autor, los franceses habían tomado prestado del español (Ramond, 1801: 234-235). Esta observación es también del mayor interés histórico, puesto que siempre se ha señalado a Leopold von Buch como el autor que introdujo el término *caldera* en geología³⁹, término utilizado también por los habitantes de la isla de La Palma para referirse a la zona de Taburiente, cuando Buch bien podía haberlo tomado de Ramond o bien de Humboldt, que le precedieron en su utilización en más de una década.

Tras sus experiencias en el Nuevo Mundo, y por comparación con los volcanes ecuatorianos Cotopaxi, Tungurahua y Pichincha, Humboldt vuelve a suponer que “de la misma forma, todo el grupo de las Islas Canarias está situado, por así decirlo, sobre un mismo volcán submarino” (Humboldt, 1814: 176; 1814/1941: 214), cuyos fuegos se habrían abierto paso por diferentes islas y en diferentes épocas. En este mismo sentido, y varias décadas después de su regreso, considera al Teide un *volcán central*, al que pertenecerían las islas de La Palma y Lanzarote (Humboldt, 1845 [tomo I]: 127). Esta idea fue planteada algunos años antes, en 1825, por su

³⁷ Esta crítica la hace en referencia sobre todo a las ideas de Jean André Deluc (1727-1817) que expone Scipione Breislak (1748-1826) en su *Introduzione alla geologia* (Breislak, 1811: tomo II, cap. VIII, 302, 323 y 347)

³⁸ Se refiere aquí al circo de Gavarnie (Parc National des Pyrénées), en la zona francesa del macizo de Monte Perdido.

³⁹ Véase, a este respecto, García Cruz (2016: 91).

amigo Leopold von Buch en su *Descripción física de las Islas Canarias*, para las que ya aceptaba un origen volcánico. Para Buch, en este archipiélago no existía más que un solo volcán, el Teide, como volcán central⁴⁰, del que dependían todos los procesos eruptivos, que por otro lado eran bastante raros en el archipiélago. El que no se diesen erupciones simultáneas en una misma isla, y menos aún en islas distantes, le hizo suponer una estrecha relación entre todas las erupciones centradas en la actividad del Teide, ya que la existencia de una de ellas provocaba el decrecimiento de la presión interna en los conductos que conectaban entre si todas las islas en su conjunto y condicionaba de esta forma otras erupciones al mismo tiempo (Buch, 1825a/1877: 323-327/508-511).

3. *Vulcanismo histórico*

Humboldt realiza un cuadro cronológico de todos los fenómenos volcánicos históricos basada en la memoria conservada por los cronistas de las islas desde mediados del siglo XVI, y que han acontecido exclusivamente en La Palma, Lanzarote y Tenerife, aunque considera probable que las demás islas hayan experimentado también la acción de los fuegos volcánicos con anterioridad (Humboldt, 1814: 176-179; 1814/1941: 214-218)⁴¹.

Comenta brevemente las erupciones en la isla de La Palma: Los Llanos (1558), Tigalate⁴² (1646) y Monte de las Cabras (1677), en la zona

⁴⁰ Esta idea podría haberse inspirado, en parte, en los escritos de Estrabón (64/63 a.e.c.-19/24 e.c.) sobre la comunicación entre los volcanes de algunas islas mediterráneas, como Sicilia y las Lípari, y el Vesubio, en zona continental (*Geografía*, Libro V, iv.9: 108), y haber influido, a su vez, en la teoría del Georg Hartung (1822-1891), sobre la existencia de un foco magmático común para todo el archipiélago canario (Hartung, 1857: 129; 1862: 1-27), y en las ideas de Lucas Fernández Navarro (1869-1930), quien expresó también algo parecido al sostener que toda la isla de Tenerife era un solo volcán, el Teide (Fernández Navarro, 1911: 21).

⁴¹ Esta síntesis sobre el vulcanismo histórico ha sido reproducida en numerosas ocasiones por diferentes autores, con las modificaciones, correcciones y actualizaciones correspondientes. La aportación más completa, como documento historiográfico, es la de Romero Ruiz (1991).

⁴² Resulta sorprendente que en la traducción castellana (1929/1941), incluida la versión corregida (?) de 1995, aparece este topónimo erróneamente escrito como *Sigalate*, mientras que, en el original francés, figura correctamente como *Tigalate*. En la ed.

conocida por Cumbre Vieja, así como la erupción de Timanfaya (1730-1736) en Lanzarote. En los procesos volcánicos acaecidos en Tenerife es imprescindible insistir en la idea destacada ya por Humboldt y citada anteriormente: para el naturalista prusiano, puesto que en toda la isla existe *un único volcán*, el Teide, todas estas erupciones, es decir, la de la Llanura de los Infantes, en Güímar, la de Almerchiga, en Fasnia, y la de la Cañada de Arafo (1704), así como la que afectó a Garachico (1706), y la de Chahorra o Venge (1798), son en realidad un fenómeno volcánico *lateral* del Pico de Tenerife, «tanto más a notar cuanto contribuye a que parezcan aislados los montes adosados al volcán principal» (Humboldt, 1814: 180; 1814/1941: 219).

4. Sobre el origen de las Islas Canarias

A principios del siglo XIX, las ideas sobre el origen del archipiélago canario estaban inmersas en su mayoría en esos aspectos míticos de los que había hablado Humboldt en relación con el mundo clásico, meras conjeturas que iban desde el Jardín de las Hespérides, las Islas Afortunadas o Islas de los Bienaventurados, hasta los restos del hundimiento de la Atlántida, pasando por ser una consecuencia del Diluvio bíblico (García Cruz, 2009: 35-41, 2015b). Por otro lado, cuando Humboldt pasó por Canarias, en 1799, existía una fuerte controversia sobre el origen del basalto, bien como roca de sedimentación acuosa según se considerase la corriente neptunista (en la que había sido educado el naturalista prusiano), o bien como roca de naturaleza ígnea, si se seguía la filosofía plutonista-vulcanista⁴³. Por eso, cuando Humboldt menciona el basalto como componente del Pico de Tenerife en las citadas *Cartas americanas*, se reserva bien la opinión sobre el origen de este basalto, aunque ya se había iniciado en él su *conversión* hacia al vulcanismo-plutonismo, y que se completó durante su

castellana de 2005 ni siquiera aparece dicho topónimo, y ya en la primera traducción de 1826, se han suprimido todos estos párrafos sobre el vulcanismo histórico, y los comentarios que le siguen.

⁴³ Véase Geikie (1897: caps. IV-X), para una excelente exposición de los autores más relevantes que participaron en la controversia Neptunismo-Vulcanismo en relación con el origen del basalto; véase, además, Young (2003: caps. 2-4); sobre Humboldt en el contexto de esta controversia, véase Krafft (1980, 1991).



Fig. 3. Volcán Chimborazo desde la meseta de Tapia (Ecuador); dibujo de Jean-Thomas Thibault según un boceto de Humboldt (Humboldt, 1810, lámina xxv).

viaje americano⁴⁴. En esta transformación fueron fundamentales, además del Teide, los volcanes andinos y mexicanos, en especial los estudios que efectuó durante sus intentos de ascensión al volcán ecuatoriano Chimborazo (Humboldt, 1837). Con posterioridad a su regreso a Europa, en sus trabajos geológicos ya habla de erupciones volcánicas en relación con las islas, lo que quedó reflejado en una memoria inicial sobre la estructura y forma de acción de los volcanes en las diferentes partes de la Tierra (Humboldt, 1823a; 1849: 249-289; 1876/2004: 363-378). De esta forma, su opinión respecto del origen del archipiélago canario resulta algo paradójica y contradictoria en ocasiones. Entre estas contradicciones se encuentra su reflexión por la experiencia americana sobre la distribución y situación de los volcanes en el globo: a diferencia de Europa y Asia, en el Nuevo Mundo los volcanes no son entidades aisladas, sino que forman parte de la estructura de las cordilleras. Y Humboldt ve al Pico de Tenerife, no como un volcán aislado como se ha supuesto, sino como los restos de unos montes sumergidos. Esto le lleva a afirmar que, de acuerdo con Jean-Baptiste

⁴⁴ Véanse, a este respecto, Herrera Piqué (2009: cap. 3, 137-172), Krafft (1980, 1991), Pieper (2006), Pimentel (2003), Troll (1959a).

Bory de Saint-Vincent (1778–1846) y su *mapa conjetural de la Atlántida* (Bory de Saint-Vincent, 1803: cap. vi), las cimas de las Islas Afortunadas, junto con otros archipiélagos del entorno, podrían haber sido antaño un sistema de montes primitivos⁴⁵, o la extremidad occidental de la cordillera del Atlas, ideas que, para él, no contradirían en modo alguno las leyes de la naturaleza (Humboldt, 1814: 149; 1814/1941: 180).

A pesar de esto, Humboldt sigue la senda trazada por su amigo Leopold von Buch sobre la *teoría de los cráteres de elevación* como origen de Canarias (Humboldt, 1845 [tomo I]: 114-115, y 120-121). El naturalista prusiano estaba convencido de que las islas habían surgido por encima del nivel del mar por la acción de fuego submarino (Humboldt, 1814: 112-113; 1814/1941: 133), y que el Teide se ha elevado asimismo sobre restos de erupciones también submarinas (Humboldt, 1814: 154; 1814/1941: 136). En defensa de esta teoría sostenía que, entre las causas de los levantamientos y hundimientos de las partes solidas de la corteza terrestre, la más decisiva era, sin discusión alguna, «la fuerza elástica de los vapores contenidos en el interior de la tierra» (Humboldt, 1845 [tomo I]: 158). Sin embargo, consideraba inicialmente algo precipitado aceptar esta idea para la totalidad del archipiélago (Humboldt, 1814: 99; 1814/1941: 115). A esto añade una idea también esencial: la ausencia de pórfidos trapeanos no implica que todas las islas hayan sido una consecuencia de los fuegos submarinos. Esto explicaría su afirmación de que Tenerife no es sino un amontonamiento de lavas y basaltos (Humboldt, 1814: 167; 1814/1941: 202).

La teoría de Buch fue muy criticada desde el primer momento, y sería sustituida en las décadas siguientes por una explicación basada en la acumulación de materiales volcánicos mediante sucesivas erupciones, mucho más coherente con la realidad observable no solo en Canarias sino en otros medios volcánicos tanto insulares como continentales (García Cruz, 2016).

⁴⁵ Estas ideas coinciden con las expresadas algunas décadas antes por Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), en *Las épocas de la naturaleza* (Buffon, 1778: sexta época).

OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS IDEAS GEOLÓGICAS DE HUMBOLDT

James Hutton (1726-1797) y Charles Lyell (1797-1875) fueron contemporáneos de Humboldt en diferentes etapas de su trayectoria científica; incluso llegó a conocer a Lyell en París en 1823, y mantuvo con él una excelente e interesante relación personal y epistolar⁴⁶. A pesar de que no los cita expresamente como *responsables* del actualismo-uniformitarismo⁴⁷ dentro de la geología, a través de sus reflexiones queda claro que conocía sus obras⁴⁸, en especial los tratados de geología lyellianos, y asumía los fundamentos del principio de uniformidad y de la metodología actualista aplicados a la filosofía geológica. Esto resulta evidente en diversas ocasiones. Humboldt se planteaba, por ejemplo, que la curiosidad del espíritu humano debía permitir «remontarse hacia el pasado a partir del presente», con lo que está expresando aquí implícitamente la máxima actualista-uniformitarista por excelencia de que “el presente es la clave del pasado”⁴⁹; asimismo, se deberían hacer conjeturas sobre lo que aún carece de certeza, haciendo hincapié incluso en las formas clásicas de los diversos mitos de la geognosia (Humboldt, 1845 [tomo I]: 126). Bajo esa perspectiva, Humboldt veía en todo el mundo natural regularidad de construcción y analogía de formación dentro de la diversidad, y lo manifestó en diversas ocasiones: «La naturaleza, en todas partes, sigue las leyes inmutables en la distribución de las rocas, en la forma exterior de las montañas, y hasta en esos cambios tumultuosos que ha experimentado la corteza exterior de nuestro planeta» (Humboldt, 1814: Libro III, cap. VII, 414). Esa misma universalidad la contempla también tanto en las estructuras volcánicas como en los fenómenos que las generan. Por eso consideraba que los materiales geológicos que había observado en Tenerife presentaban una equivalencia o continuación de los que existían en otros lugares que había visitado,

⁴⁶ Véanse Lyell (1881: cap. v), Knobloch (2014).

⁴⁷ Sobre el origen y desarrollo del principio de uniformidad en geología, véanse García Cruz (1998, 1999, 2000, 2001).

⁴⁸ Humboldt sí hace referencia en *Cosmos* a algunas obras de Lyell (*Manual of Geology, Principles of Geology*) en relación con el vulcanismo (Humboldt, 1858 [tomo IV]: 738, 803, 809, 843; 1862 [tomo V]: 902, 915, 919).

⁴⁹ Esta máxima ha sido achacada a James Hutton, aunque se debe en realidad al geólogo escocés Archibald Geikie (1835-1924) como síntesis de su interpretación de la filosofía huttoniana (Geikie, 1892: 161 [encabezado], y 171; 1897/1905: 168/299).

como Cabo Negro (en el noroeste de Marruecos), Saint-Loup (dentro del complejo volcánico de Adge, en Hérault, Occitania francesa), o los basaltos que se encuentran en el estuario del Tajo, en Portugal. Esa idea de continuidad la volvió a expresar en estos términos: «¡Ved con qué uniformidad está construido el globo! Las Azores, las Canarias, las islas de Cabo Verde, no parecen ser más que la continuación de las formaciones basálticas de Lisboa» (Humboldt, 1799, *en* Hamy, 1890: 33).

Por otro lado, su pensamiento sobre la universalidad en la naturaleza también quedó reflejado en la siguiente reflexión que hace Humboldt en la citada carta a Suchfort, en relación con el origen del vulcanismo y de sus productos: para él, todas las ideas que se habían emitido al respecto eran *falsas e insostenibles* (Humboldt, 1799, *en* Hamy, 1890: 24). Aunque no las menciona expresamente, se refiere a las teorías químicas que surgieron a principios del siglo XVIII basadas en la combustión de determinados productos como piritas, betunes, y mezclas de azufre y hierro, para explicar las erupciones volcánicas, así como el origen de los terremotos, los huracanes, los rayos y los truenos (Lémery, 1700)^{50,51}. Entre las ideas que Humboldt expresa en su *Cosmos* sobre el vulcanismo (Humboldt, 1845 [tomo I]: 114-132; 1858 [tomo IV]: 733-892), también asume la del calor central porque, pensaba, una actividad tan generalizada como la existencia de los volcanes no podría deberse a reacciones químicas locales y particulares (Humboldt, 1845 [tomo I]: 126). El calor interno alcanzaría la superficie a través de cavidades y canales en forma de levantamientos del terreno y de erupciones de los fuegos subterráneos; se aproxima así las ideas de la época

⁵⁰ Véase la traducción castellana de esta obra en García Cruz (2015a).

⁵¹ Un siglo más tarde, estas teorías estuvieron basadas en las reacciones químicas que tenían lugar entre las diferentes capas del planeta, fundamentalmente en la corteza inferior, y llegaban a la superficie como manifestaciones volcánicas. Fueron defendidas por notables científicos como Humphry Davy (1778-1829), André-Marie D'Ampère (1775-1836), y Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) en el campo de la química; véanse Gay-Lussac (1823), Davy (1808a/1840: 44/101; 1808b/1840: 369/138-139); sobre las ideas de Ampère, véanse Rollin (1833), Jameson (1835). Davy modificaría posteriormente sus propuestas iniciales, y Gay-Lussac sería crítico también con los fenómenos químicos, achacando el origen de las erupciones volcánicas al calor central del planeta; véanse Davy (1828), Humboldt (1858 [tomo IV]: 736-737).

al mito clásico del *Piriflegeton* o *río de fuego* de la cultura griega⁵², más que a los procesos de combustión química citados.

Es preciso reconocer, además, que algunas de las ideas que Humboldt extrajo de su viaje al Nuevo Mundo fueron posteriormente aplicadas a Canarias por otros autores. Tal es el caso del origen del valle de La Orotava, en Tenerife.

En la *Descripción física de las Islas Canarias* de Leopold von Buch se puede leer: «Si se observa desde lo alto la zona baja de esta superficie entre ambas paredes [del valle de La Orotava], se puede pensar casi instintivamente que es consecuencia del desmoronamiento de la ladera de la isla, quedando al descubierto los bordes de la parte inferior por los restos que se han desprendido. La proximidad de un volcán tan enorme y destructivo [en alusión al Teide]⁵³, hace que este fenómeno no resulte tan extraño y pase desapercibido» (Buch, 1825a/1877: 203-204/405-406).

Buch está señalando de forma inequívoca la posibilidad de un gigantesco deslizamiento en la ladera norte de la isla de Tenerife, desmoronamiento que habría dado lugar al valle de La Orotava. Para proponer esta explicación sobre el origen de este valle, aunque no lo cita expresamente, es muy probable que adoptara una idea previa de Humboldt: en efecto, en su *Viaje a las regiones equinocciales*, Humboldt dilucida la formación de la Cueva del Guácharo, en el valle venezolano de Caripe, y en general de los materiales rocosos horadados, planteando, frente a la acción directa del agua como agente erosivo, la posibilidad de un *desmoronamiento* del terreno que modificaría la forma exterior de las montañas, como por ejemplo *la formación de un nuevo valle abierto en sus flancos* (Humboldt, 1814: tomo I, Libro III, cap. VII, 426; 1814/1941: tomo II, Libro III, cap. VII, 111)⁵⁴.

Finalmente, a su regreso de la cumbre del Pico de Tenerife, Humboldt se planteó diversas consideraciones con un componente epistemológico que es imprescindible señalar y que revelan su categoría científica. Frente

⁵² El propio Humboldt cita este mito griego (*Pyriphlegethon*) que Platón pone en boca de Sócrates en los últimos párrafos del *Fedón* (pp. 243-246).

⁵³ En la traducción francesa (Buch, 1825b: 154), y en la castellana a partir de ésta (Buch, 1825d: 136), se lee «como el de Tenerife», texto que no aparece en el original alemán.

⁵⁴ El párrafo correspondiente, así como otros textos, no se encuentran en la primera traducción castellana (Humboldt, 1814/1826), por otro lado, anónima, incompleta y deficiente.

al pensamiento común de los mineralogistas que creían que el objeto de la geología era la clasificación general de las lavas y la descripción de sus minerales que forman parte de sus colecciones personales, la finalidad del naturalista prusiano, sin confundir, tal y como sostiene, la mineralogía descriptiva u *orictognosia* con la *geognosia*⁵⁵, consiste en alcanzar ideas de interés general, buscando respuestas a preguntas como las siguientes:

«¿Está el monte cónico de un volcán completamente formado de materias derretidas y amontonadas en erupciones sucesivas, o contiene en su centro un núcleo de rocas primitivas recubierto con lavas, que son las mismas rocas alteradas por el fuego? ¿Cuáles son los lazos que unen los productos de los volcanes modernos con los basaltos, las fonolitas y esos pórfidos de base feldespática desprovistos de cuarzo que cubren las cordilleras del Perú y México, como el pequeño grupo de los Montes Dorados, del Cantal y del Mézen en Francia? ¿El núcleo central de los volcanes ha sido calentado en su lugar, y sollevado, en un estado de reblandecimiento por la fuerza de los vapores elásticos, antes de que estos fluidos se hubiesen comunicado, a través de un cráter, con el exterior? ¿Cuál es la sustancia que, desde hace miles de años, mantiene esta combustión, unas veces tan lenta, otras veces tan activa? ¿Actúa esta causa desconocida a una profundidad inmensa, o la acción química tiene lugar en las rocas secundarias superpuestas al granito?» Su afán es, además, conocer los nexos geológicos entre un volcán y los montes próximos, pero se sorprende de la diversidad de materiales de una misma erupción y la analogía entre las lavas de un mismo volcán. Por eso no le es posible considerar los fenómenos volcánicos de forma aislada, y le preocupan más los problemas aún no resueltos que los escasos resultados obtenidos de las observaciones llevadas a cabo (Humboldt, 1814: 147-149; 1814/1941: 177-179). Entre estos

⁵⁵ Ambos términos son obsoletos; fueron definidos por Werner en 1774 (Einleitung, pp. 13-31) (véase, además, Werner, 1774/1962: xxiii-xxiv): la *geognosia* (del griego γη, tierra, y γνωσις, conocimiento), literalmente era el *conocimiento de la tierra*, y estudiaba la distribución natural y la relación de los minerales en las rocas; por otro lado, la mineralogía descriptiva u *orictognosia* (del griego ορυκτός, cavado, y γνωσις) se definía como el conocimiento de lo *extraído de la tierra*, en especial su clasificación, e incluía no sólo a los minerales sino también a los fósiles. Darían lugar, respectivamente, a la geología y a la mineralogía (separada de la paleontología), en sus aspectos más modernos; véanse Ospovat (1971), Ellenberger (1994: 246-251), Rudwick (1997), Vaccari & Morello (1998).

problemas que aún no se atreve a resolver se encuentra precisamente el que atañe a la sustancia que alimenta el fenómeno volcánico, el que mantiene desde hace miles de años el fuego en el Pico de Tenerife, que según su opinión se debería examinar si se trata del sodio o del potasio, o de las bases metálicas de las tierras, o carburos de hidrógeno, o incluso el azufre puro o combinado con el hierro (Humboldt, 1814: 180; 1814/1941: 219), según ya vimos con anterioridad en sus disquisiciones sobre el origen del vulcanismo, y que, por otro lado, consideraba erróneas.

CONSIDERACIONES FINALES A MODO DE CONCLUSIÓN

El pensamiento geológico de Alexander von Humboldt y las descripciones geológicas que realiza sobre las Islas Canarias tras su regreso del Nuevo Mundo hay que enmarcarlas en un complejo contexto epistemológico bajo diferentes aspectos:

1. De su viaje a las regiones equinocciales (1799-1804) emanaron las bases decisivas para un cambio de perspectiva en cuanto a la teoría geológica en la que situar sus observaciones. Su contacto con el medio geológico canario, y más tarde con los volcanes ecuatorianos y mexicanos, promovió en Humboldt el abandono de las ideas neptunistas (pero no de su metodología), en las que se había formado en la Escuela de Minas de Friburgo, para abrazar el Vulcanismo-Plutonismo. Aunque en ningún momento hace explícitas sus nuevas creencias, a través de sus escritos se pone en evidencia una nueva forma de contemplar el medio físico, desvelando su *deserción* de los procesos de sedimentación acuática, o, según se mire, su *conversión* hacia fenómenos endógenos ligados al calor interno de la Tierra.

2. Teniendo en cuenta la existencia en esa época de una cierta *complejidad* en el campo de la mineralogía y de la petrología, algunas de las ideas geológicas de Humboldt son a veces contradictorias y paradójicas. De esta forma, y considerando la visión universalista del mundo natural del sabio prusiano, ocasionalmente creía en la existencia en Canarias de materiales primitivos y secundarios, como por ejemplo granitos o esquistos, a través de los cuales se habrían abierto paso los procesos eruptivos, para sostener, en otras ocasiones, la unidad volcánica de las islas, o su continuidad con

las montañas cercanas del Atlas. A veces defendía los sollevamientos en el archipiélago por los fuegos subterráneos, otras la acumulación de materiales volcánicos, pero los basaltos siempre representaron para él la expresión por excelencia del vulcanismo, aunque nunca hizo referencia a la controversia existente sobre el origen de esta roca. Da la impresión de que los párrafos correspondientes fueron escritos en etapas distintas de la redacción de sus obras, y nunca fueron retomados o revisados.

3. Humboldt estaba, además, imbuido por una metodología hipotético-deductiva como quedó de manifiesto en su valoración de los problemas aún no resueltos, y la emisión de hipótesis explicativas. Le preocupaban más las incógnitas globales y las dudas a plantear, que las posibles soluciones a partir de observaciones parciales o fragmentarias. Esto le permitió desechar, por ejemplo, las teorías físico-químicas del origen del vulcanismo frente al calor interno del planeta, y plantearse numerosas otras cuestiones que hacen del naturalista prusiano un excelente prototipo de científico abierto al cambio, con una visión holística y universal de la Naturaleza, aunque, al mismo tiempo, esa visión global le indujo a aceptar la idea (por otro lado, errónea) de que todas las islas del archipiélago dependían de un solo volcán central.

4. Existe, finalmente, otro aspecto que normalmente es obviado por los estudiosos de Humboldt. Tras su regreso del Nuevo Mundo, tardaría algunas décadas en publicar *Cosmos*, su obra cumbre. Sin embargo, ya en sus escritos geológicos anteriores *adelanta*, una vez más implícitamente, lo que sin duda fue su ideario filosófico en la percepción del desarrollo y evolución de la Naturaleza: a diferencia de otras *teorías de la tierra*, en ninguno de sus trabajos científicos Humboldt recurre a la Divina Providencia como *relación causal* respecto del mundo natural. Sus explicaciones están basadas siempre en la racionalidad de las causas naturales, bajo el prisma del actualismo-uniformitarismo. Esta omisión intencionada de la intervención de Dios en la historia (natural y humana) le causó no pocas críticas por los defensores de una Teología Natural o Física Sagrada, sobre todo por parte de autores británicos. Pero esto ya es otra historia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU GALINDO, J. DE, 1632. *Historia de la conquista de las siete islas de Canaria*. Goya Eds., Santa Cruz de Tenerife (ed. 1955), 367 pp.
- ADAMS, F.D., 1938. *The birth and development of the geological science*. Dover, Nueva York (ed. 1954), 506 pp.
- ÁLVAREZ LÓPEZ, E., 1965. «El viaje a América de Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland y las relaciones científicas de ambos expedicionarios con los naturalistas españoles de su tiempo». *Anales del Instituto Botánico J.A. Cavanilles [Anales de Jardín Botánico de Madrid]*. 22: 9-60.
- BARKER-WEBB, P. & S. BERTHELOT, 1839. *Histoire Naturelle des Îles Canaries*. París, Béthune, tomo II, 1ª parte, 427 pp. [trad. castellana: *Historia Natural de las Islas Canarias. (Geografía descriptiva, estadística y geología)*. J.A.D.L., La Orotava (Tenerife) (2006), 341 pp.].
- BAUMGÄRTEL, H., 1969. «Alexander von Humboldt's remarks on the meaning of hypothesis in his geological researches». En C.J. SCHNEER (ed.). *Toward a history of geology*. MIT Press, Cambridge, pp. 19-35.
- BIERMANN, K.R., 1981. «Humboldt, Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von». En C.C. GILLESPIE (ed.). *Dictionary of scientific biography*. Scribner's, Nueva York, vol. 6, pp. 549-555.
- BORY DE SAINT-VINCENT, J.B.G.M., 1803. *Essais sur les Îles Fortunées, et l'antique Atlantide, ou Précis de l'Histoire générale de l'Archipel des Canaries*. Baudouin, París, 522 pp.
- BOTTING, D., 1973. *Humboldt y el Cosmos. Vida, obra y viajes de un hombre universal (1769-1859)*. Ed. del Serbal, Barcelona (trad. castellana 1981), 264 pp.
- BOURGUET, N.R., 2002. «El mundo visto desde lo alto del Teide: Alexander von Humboldt en Tenerife». En J. MONTESINOS, J. ORDÓÑEZ & S. TOLEDO (eds.). *Ciencia y Romanticismo* [simposio, Maspalomas (Gran Canaria), 12-14 de septiembre/2002]. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, La Orotava (Tenerife), pp. 279-302.
- BREISLAK, O., 1811. *Introduzione alla geologia*. Stamperia Reale, Milán, 2 vols., XXVIII+367+490 pp.
- BRUHNS, K. (ed.), 1872. *Alexander von Humboldt. Eine wissenschaftliche Biographie*. Leipzig, F. A. Brockhaus, 3 vols., xx+480+552+314 pp. [trad. inglesa: *Life of Alexander von Humboldt*. Cambridge University Press, Nueva York (trad. inglesa 1874, ed. 2012), 2 vols., xxiii+412+447 pp.].
- BUCH, L. VON, 1809. *Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien*. Haude und Spener, Berlin, vol. II, 311 pp. [reproducido en

- J. EWALD, J. ROTH & H. ECK (eds.), 1870. *Leopold von Buch's Gesammelte Schriften*. G. Reimer, Berlín, tomo 2, pp. 341-518].
- , 1825a. *Physikalische Beschreibung der Kanarischen Inseln*. Königlichen Akademie der Wissenschaften, Berlín [4]+407 pp. [reproducido en J. EWALD, J. ROTH & W. DAMES (eds.), 1877. *Leopold von Buch's Gesammelte Schriften*. G. Reimer, Berlín, tomo 3, pp. 229-646].
- , 1825b. *Description physique des Îles Canaries*. F.G. Levrault, París (trad. francesa 1836), vii+525 pp.
- , 1825c. *Atlas des Îles Canaries*. F.G. Levrault, París (trad. francesa 1836), 14 pp.
- , 1825d. *Descripción física de las Islas Canarias*. J.A.D.L. Editor, La Orotava (S/C Tenerife) (trad. castellana 1999 de la ed. francesa 1836), 263 pp.
- BUFFON, G.L.L., 1778. *Las épocas de la naturaleza*. Alianza, Madrid (trad. castellana 1997), 429 pp.
- CASTILLO, F.J. (coord.), 2010. *Humboldt: el viaje del conocimiento*. Cátedra Cultural "Alexander von Humboldt", Universidad de La Laguna, La Laguna (Tenerife), 216 pp.
- CASTRO MORALES, B., 2007. «Alexander von Humboldt: ciencia, ética y estética de su travesía atlántica». En J.M. OLIVER FRADE & A. RELANCIO MELÉNDEZ (eds.). *El descubrimiento científico de las Islas Canarias*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, La Orotava (Tenerife), pp. 89-103.
- CEBRIÁN LATASA, J.A., 2008. «Gonzalo Argote de Molina y su *Historia de Canarias* inacabada». *Cartas Diferentes. Revista Canaria de Patrimonio Documental*. 4: 17-104.
- CIORANESCU, A., 1960. *Alejandro de Humboldt en Tenerife*. Instituto de Estudios Canarios (CSIC), monografía, La Laguna, vol. XV, sec. I (6ª), 87 pp.
- CORDIER, L., 1803. «Lettre de L. Cordier, ingénieur de mines de France, au cit. Devilliers fils». *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle et des Arts*. LVII: 55-63.
- CUESTA DOMINGO, M. y S. REBOK (coords.), 2008. *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano*. Real Sociedad Geográfica (CSIC), Madrid, 398 pp.
- DAVY, H., 1808a. «The Bakerian Lecture: On some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies, and the exhibition of the new substances which constitute their bases; and on the general nature of alkaline bodies». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 98: 1-44 [reproducido en: Davy (1840), vol. V, cap. II, pp. 57-101].

- , 1808b. «Electro-chemical researches on the decomposition of the earths, with observations on the metals obtained from the alkaline earths, and on the amalgam procured from ammonia». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 98: 333-370 [reproducido en: Davy (1840), vol. V, cap. III, pp. 102-139].
- , 1828. «On the phenomena of volcanoes». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 118: 241-250 [reproducido en Davy (1840), vol. VI, cap. XX, pp. 344-358].
- DAVY, J. (ed.), 1840. *Collected works of Sir Humphry Davy*. Smith-Elder-Cornhill, Londres, vol. V (Bakerian Lectures and Miscellaneous papers from 1806 to 1815), xv+527 pp; vol. VI (Miscellaneous papers and researches), xi+364 pp.
- DEAN, D.R., 1998. «Plutonists, neptunists, vulcanists». En: G.A. Good, (ed.). *Sciences of the Earth: An Encyclopedia of events, people, and phenomena*. Garland, Nueva York, vol. I, pp. 691-695.
- DETTELBACH, M., 1999. «The face of nature: precise measurement, mapping, and sensibility in the work of Alexander von Humboldt». *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*. 30(4): 473-504.
- ELLENBERGER, F., 1994. *Histoire de la Géologie*. Technique et Documentation (Lavoisier), París, tomo 2 (La grande éclosion et ses prémices, 1660-1810), xiv+381 pp.
- ENGELHARDT, W. VON, 1982. «Neptunismus und Plutonismus». *Fortschritte der Mineralogie*. 60(1): 21-43.
- ERICKSON, R., M.A. FONT & B. SCHWARTZ (coords.), 2004. *Alexander von Humboldt. From the Americas to the Cosmos*. CUNY, Nueva York, xvi+537 pp.
- ESTRABÓN. *Geografía* (Libros V-VII). Gredos, Madrid (trad. castellana 2001), 432 pp.
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L., 1911. «Erupción volcánica del Chinyero (Tenerife), en noviembre de 1909». *Anales de la Junta para la ampliación de estudios e investigaciones científicas*, vol. V, Memoria 1ª, 133 pp.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, J., 2002. *Humboldt. El descubrimiento de la naturaleza*. Nívola, Tres Cantos (Madrid), 332 pp.
- FÚSTER, J.M., A. CENDRERO, P. GASTESI, E. IBARROLA & J. LÓPEZ RUIZ, 1968a. *Geología y Volcanología de las Islas Canarias: Fuerteventura*. Instituto Lucas Mallada (CSIC), Madrid, 239 pp.
- FÚSTER, J.M., S. FERNÁNDEZ SANTÍN & J. SAGREDO, 1968b. *Geología y Volcanología de las Islas Canarias: Lanzarote*. Instituto Lucas Mallada (CSIC), Madrid, 177 pp.
- GÁNDARA, D. y S. REBOK, 2008. *Alexander von Humboldt. Vida, pensamiento y obra*. Planeta DeAgostini, Barcelona, 384 pp.

- GARCÍA CRUZ, C.M., 1998. «El principio de uniformidad (I). Orígenes». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 6(3): 234–238.
- , 1999. «El principio de uniformidad (II). Un obstáculo epistemológico entre el pasado y el presente». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 7(1): 16–20.
- , 2000. «El principio de uniformidad (III). El presente: Una aproximación al neocatastrofismo». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 8(2): 99–107.
- , 2001. «El actualismo–uniformitarismo como obstáculo epistemológico». *Cadernos IG/UNICAMP*. 9(1): 22–32.
- , 2009. *El origen de las Islas Canarias. Evolución histórica de los conceptos sobre la génesis del archipiélago, desde la antigüedad clásica hasta finales del siglo xx*. Baile del Sol, Tegueste (S/C Tenerife), 166 pp.
- , 2015a. «Nicolas Lémery (1645-1715) y su teoría físico-química sobre diversos fenómenos de interés para las Ciencias de la Tierra». *Cuadernos Dieciochistas*. 16: 311-337.
- , 2015b. «El origen de las Islas Canarias a través de la historia. Selección de textos para el aula. (I) Hipótesis anteriores a la tectónica de placas». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 23(3): 300-314.
- , 2016. «Leopold von Buch (1774-1853), las Islas Canarias, y el origen de la teoría de los cráteres de elevación». *Llull*. 39(83): 73-101.
- GAY-LUSSAC, J.L., 1823. «Réflexions sur les volcans». *Annales de Chimie et de Physique*. 22: 415-429.
- GEBAUER, A., 1985. *Alexander von Humboldt. Su semana en Tenerife 1799*. Varena Zech, Santa Úrsula (Tenerife) (trad. castellana 2014), 205 pp.
- GEIKIE, A., 1892. «The centenary of Hutton's 'Theory of the Earth'». En *Landscape in history and other essays*. Londres (1905), Macmillan, pp. 158-197.
- , 1897. *The founders of geology*. Macmillan, Londres (2ª ed./1905: Dover Nueva York; reimp. 1962), 486 pp.
- GOTTSCHALK, W., U. WINKLER, M. HERNÁNDEZ GONZÁLEZ & H.J. VEIGEL, 1999. *Alexander von Humboldt. Escalas de un viajero explorador, Berlín y Tenerife/Stationen eines Forschungsreisenden, Berlin und Teneriffa*. Catálogo bilingüe de la exposición, Castillo de San Felipe, Puerto de la Cruz (Tenerife), 21 de septiembre-24 de octubre/1999. Fundación Canario-Alemana "Alexander von Humboldt"/Stiftung Stadtmuseum Berlín, 119 pp.
- GRIEP, W., 2005. «Die Bedeutung der Umkreisquellen für Alexander von Humboldts südamerikanische Reise». *HiN, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien*. 6(10): 41-54.
- GUNTAU, M., 2009. «The rise of geology as a science in Germany around 1800». *Geological Society, London, Special Publications*. 317: 163-177.

- HALL, J., 1804. «Experiments on the effects of heat modified by compression». *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts*. 9: 98-107.
- , 1805. «Experiments on whinstone and lava». *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. 5(1): 43-75.
- , 1812. «Account of a series of experiments, shewing the effects of compression in modifying the action of heat». *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. 6: 71-187.
- HALLAM, A., 1983. *Grandes controversias geológicas*. Labor, Barcelona (trad. castellana 1985), vii+180 pp.
- HAMY, E.T. (ed.), 1890. *Lettres américaines d'Alexandre de Humboldt (1798-1807)*. París, Hachette (5ª ed. 2014), xxxix+309 pp. [trad. castellana (incompleta, y defectuosa en los aspectos geológicos): *Cartas americanas (1799-1804)*. Fundación Biblioteca Ayacucho, Caracas, (1980, 2ª ed. 1989), xiii+308 pp.].
- HARTUNG, G., 1857. «Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura». *Neue Denkschrift der allgemeinen Schweizerische Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften*. 15(4): 1-168.
- , 1862. *Betrachtungen über Erhebungskrater, ältere und neuere Eruptivmassen nebst einer Schilderung der geologischen Verhältnisse der Insel Gran Canaria*. Leipzig, Engelmann, 108 pp.
- HAWKES, L., 1942. Trap. *Geological Magazine*. 79(1): 77-78.
- HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M., 1995. «Estudio preliminar». En A. VON HUMBOLDT, 1814/1995. *Viaje a las Islas Canarias*. La Laguna, F. Lemus (ed. 1995), pp. 9-28 [en la reed. de 2005, pp. 11-43].
- , 2005. «Humboldt en Tenerife». En F. HOLL (ed.), 2005. *Alejandro de Humboldt. Una nueva visión del mundo*. [Catálogo de la exposición, 4 de octubre 2005-8 de enero 2006, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) Madrid]. Lunwerg, Madrid, pp. 87-96.
- , 2008. «El viaje de Humboldt a Tenerife como plasmación a escala insular de su plan americano». En M. CUESTA DOMINGO & S. REBOK (coords.). *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano*. Real Sociedad Geográfica (CSIC), Madrid, pp. 97-110.
- HERRERA PIQUÉ, A., 1987. *Las Islas Canarias, escala científica en el Atlántico. Viajeros y naturalistas en el siglo XVIII*. Ed. Rueda, Madrid, 248 pp.
- , 2006. *Pasión y aventura en la ciencia de las Luces*. Cabildo de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, vol. I., 614 pp.
- , 2009. *Humboldt, América y las Afortunadas*. Ed. Rueda, Madrid, 187 pp.
- HEYD, T., 2015. «Ascensión al Teide de Alexander von Humboldt». *HiN, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien*. 16(30): 68-77.

- HEY'L, B., 2007. *Das Ganze der Natur und die Differenzierung des Wissens: Alexander von Humboldt als Schriftsteller*. G. de Gruyter, Berlín, 531 pp.
- HOLL, F. (ed.), 2005. *Alejandro de Humboldt: una nueva visión del mundo*. [Catálogo de la exposición, 4 de octubre 2005-8 de enero 2006, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid]. Lunwerg, Madrid, 237 pp.
- HOLL, F. & J. FERNÁNDEZ PÉREZ, 2002. *El mundo de Alexander von Humboldt. Antología de textos*. Real Jardín Botánico (CSIC)-Lunwerg-Caja Madrid (Obra Social), Madrid, 270 pp.
- HUMBOLDT, A. VON, 1790. *Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein*. E.W.G. Kircher, Braunschweig, VIII+126 pp. [reimpreso en Krafft (1980)].
- , 1801. «Esquisse d'un tableau géologique de l'Amérique Méridionale». *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle et des Arts*. LII: 30-60 [este trabajo es un extracto de Humboldt (1802)].
- , 1802. «Skizze einer geologischen Schilderung des südlichen Amerika». *Allgemeine Geographische Ephemeriden*. 9(4): 310-329; *id.*, 9(5): 389-420.
- , 1810. *Voyage de Humboldt et Bonpland. Première partie: Relation historique (Atlas pittoresque)*. F. Schoell, París, LVI+350 pp.
- , 1814. *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804, par Al. de Humboldt et A. Bonpland*. F. Schoell, París, tomo I, 643 pp.
- , 1814/1826. *Viage a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, hecho en 1799 hasta 1804*. En casa de Rosa, París (trad. castellana 1826, incompleta y defectuosa), tomos I, LXVIII+368 pp.
- , 1814/1941. *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, hecho en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 y 1804*. Ministerio de Educación Nacional, Dirección de Cultura, Caracas, (trad. castellana 1929, ed. 1941), tomos I-II, XLVIII+486+462 pp. [de esta versión existe una 2ª ed. (1956)].
- , 1814/1995. *Viaje a las Islas Canarias*. F. Lemus, La Laguna (ed. 1995), 209 pp. [Extracto de Humboldt (1814/1941), tomo I, Libro I, caps. I-III; existe reed. con el título: *Permanencia en Tenerife de Alejandro de Humboldt*. Eds. Idea, Santa Cruz de Tenerife (2005), 326 pp.].
- , 1814/2005. *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Mundo: las Islas Canarias y otros escritos*. Nivaria, La Laguna (ed. 2005), 353 pp. [Extracto de Humboldt (1814), tomo I, Libro I, caps. I-III].
- , 1816. *Vistas de las Cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América*. Libros de la Catarata-CSIC, Madrid (trad. castellana 1878, ed. 2010), 318 pp. [Otras ediciones: Ed. Soler, Buenos Aires (1968), y Extramuros, Sevilla, (2007, facsímile)].

- , 1823a. *Ueber den Bau und die Wirkungsart der Vulkane in verschiedenen Erdstrichen* (memoria leída el 23 de enero de 1823). Berliner Akademie der Wissenschaften, 36 pp. [Reproducida en: *Ansichten der Natur*. J.G. Cotta, Stuttgart-Tübingen, (3ª ed. 1849), pp. 249-289; trad. castellana en: *Cuadros de la Naturaleza* (1876, ed. 2004), pp. 363-378].
- , 1823b. *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*. F.G. Levrault, París, [6]+379 pp. [trad. inglesa: *A geognostical essay on the superposition of rocks in both hemispheres*. Longman, Londres, (1823), VIII+482 pp.].
- , 1837. «Ueber zwei Versuche den Chimborazo zu besteigen». En H.C. SCHUMACHER (ed.). *Jahrbuch für 1837*. Stuttgart-Tübingen, J.G. Cotta, pp. 176-206. [trad. inglesa: On two attempts to ascend Chimborazo. *Edinburgh New Philosophical Journal*. 23(46), 291-311 (1837)].
- , 1845-1862. *Cosmos, Ensayo de una descripción física del mundo*. Los Libros de la Catarata-CSIC, Madrid, (trad. castellana 1874, ed. 2011), 5 tomos en 1 vol., 959 pp.
- , 1849. *Cuadros de la naturaleza*. Los Libros de la Catarata, Madrid (3ª ed.; trad. castellana 1876 [ed. 2004], de la ed. francesa de 1866), 430 pp.
- , 1853. *Mélanges de géologie et de Physique générale*. Gide y J. Baudry, París (trad. francesa 1854), tomo I y II, XVI+596+558 pp.
- JAMESON, R.], 1835. «Ampère's theory of the formation of the globe, and phenomena of volcanoes». *Edinburgh New Philosophical Journal*. XVIII: 339-347.
- KNOBLOCH, E., 2014. «Der Briefwechsel zwischen Alexander von Humboldt und Charles Lyell: Ein Überblick». *HiN, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien*. 15(28): 7-13.
- KÖLBEL, B., M. SAUERWEIN, K. SAUERWEIN, S. KÖLBEL & L. TERKEN, 2006. «Alexander von Humboldt und seine geognostischen Studien in Göttingen». *HiN, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien*. 7(12): 40-68.
- KRAFFT, F., 1980. «Alexander von Humboldt und die Neptunismus-Vulkanismus-Kontroverse». En A. VON HUMBOLDT, 1790. *Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein*. Darmstadt, autoedición (1980), pp. 127-203.
- , 1991. «Alexander von Humboldts "Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein" und die Neptunismus-Vulkanismus-Kontroverse um die Basalt-Genese». (Vorträge des Alexander-von-Humboldt-Kolloquiums in Freiberg vom 8. bis 10. November 1991, aus Anlaß des 200. Jahrestages von A. v. Humboldts Studienbeginn an der Bergbauakademie Freiberg). *Studia Fribergensia* (Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, Band 18/1994), pp. 117-150.

- LAUDAN, R., 1987. *From mineralogy to geology. The foundations of a science, 1650-1830*. Chicago University Press, Chicago, XII+278 pp.
- LÉMERY, N., 1700. «Explication physique et chymique des Feux souterrains, des Tremblemens de Terre, des Ouragans, des Eclairs & du Tonnerre». *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, pp. 101-110 (publicado en 1703). [trad. castellana en García Cruz (2015a)].
- LYELL, C., 1833. *Principles of geology*. Chicago University Press, Chicago-Londres (facsimile 1991), tomo III, 398+160 pp.
- LYELL, C., 1838. *Elements of geology*. J. Murray, Londres, 543 pp. [ed. castellana: *Elementos de Geología*. Sociedad Geológica de España, Madrid (facsimile 1998 de la trad. castellana de 1847, de Joaquín Ezquerro del Bayo), 653 pp.].
- LYELL, K.M., 1881. *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell, Bart*. Cambridge University Press, Cambridge (NY) (ed. 2010), 492 pp.
- MINCA, C., 2007. «Humboldt's compromise, or the forgotten geographies of landscape». *Progress in Human Geography*. 31(2): 179-193.
- NATHORST, A.G., 1908. *Emanuel Swedenborg as a geologist*. Miscellaneous Contributions, vol. 1, sec. 1, Estocolmo, Aftonbladets Tryckeri, 47 pp.
- OLDROYD, D., 1996. *Thinking about the Earth: A history of ideas in Geology*. Athlone, Londres, 410 pp.
- OSPOVAT, A., 1971. «Introduction». En A.G. WERNER, 1786. *Short classification and description of the various rocks*. Hafner, Nueva York, pp. I-XXXV [trad. inglesa y facsimile alemán 1971].
- , 1980. «The importance of regional geology in the geological theories of Abraham Gottlob Werner: a contrary opinion». *Annals of Science*. 37(4): 433-440.
- PIEPER, H., 2006. «Alexander von Humboldt: Die Geognosie der Vulkane». *HiN, Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien*. 7(13): 74-81.
- PIMENTEL, J., 2003. «El volcán sublime: Humboldt desde el Chimborazo». En *Testigos del mundo. Ciencia, literatura y viajes en la Ilustración*. M. Pons Eds., Madrid, cap. 5, pp. 179-210.
- , 2004. «Cuadros y escrituras de la naturaleza». *Asclepio*. 56(2): 7-23.
- PLATÓN. *El Banquete. Fedón. Fedro*. Guadarrama, Madrid (trad. castellana 1969), 383 pp.
- PUIG-SAMPER, M.A. y S. REBOK, 2010. «Estudio introductorio. Cultura y naturaleza en las 'Vistas de las Cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América'». En A. VON HUMBOLDT, 1816. *Vistas de las Cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América*. Libros de la Catarata-CSIC, Madrid (trad. castellana 1878, ed. 2010), pp. 9-37.

- RAMOND, L.F., 1801. *Voyages au Mont-Perdu et dans la partie adjacente des Hautes-Pyrénées*. Belin, París, 392 pp.
- RINMAN, S., 1754. Anmärkningar angående järnhaltiga jord-och sten-arter. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*. 15: 282-297.
- ROLLIN, J., 1833. «Théorie de la terre d'après M. Ampère». *Revue de Deux Mondes*. 2^{me} série, III (juillet, première quinzaine), 96-122.
- ROMERO RUIZ, C., 1991. *Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario*. Gobierno de Canarias, Consejería de Política Territorial, S/C de Tenerife, tomo I, 695 pp.
- RUDWICK, M.J.S., 1997. «Smith, Cuvier et Brongniart et la reconstitution de la géohistoire». En G. GOHAU (ed.). *De géologie à son histoire*. Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, París, pp. 119-128.
- , 2005. *Bursting the limits of time. The reconstruction of geohistory in the age of revolution*. University of Chicago Press, Chicago-Londres, xxiv+708 pp.
- RUPKE, N.A., 2008. *Alexander von Humboldt. A metabiography*. Chicago University Press, Chicago, 216 pp.
- SIGURDSSON, H., 1999. *Melting the earth. The history of ideas on volcanic eruptions*. Oxford University Press, Nueva York-Oxford, 260 pp.
- SWEDENBORG, E., 1722. *Miscellanea observata circa res naturales*. Lipsiae [Leipzig], 173 pp. [trad. inglesa: *Miscellaneous observations connected with physical sciences*. W. Newbery, Londres (1847), 159 pp.].
- TRÖGER, W.E., 1935. *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Ein Nomenklatur-Kompendium*. Verlag der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Berlín, 360 pp.
- TROIL, U. VON, 1780. *Letters on Iceland*. J. Robson, Londres (2^a ed. corregida y aumentada), 400 pp.
- TROLL, C., 1959a. «Alexander von Humboldts wissenschaftliche Sendung». En J.H. SCHULTZE (ed.). *Alexander von Humboldt, Studien zu seiner universalen Geisteshaltung*. W. de Gruyter, Berlín, pp. 258-277. [trad. castellana: La misión científica de Alejandro de Humboldt. *Boletín de Informaciones Científicas Nacionales* (Quito), 90, 216-233 (1959); reproducido en: *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Madrid), Conferencias, 19-22 octubre/1959, pp. 13-45 (1960)].
- URQUIJO TORRES, P., 2008. *Humboldt y el Jorullo. Historia de una exploración*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (UNAM), México, 103 pp.
- VACCARI E. & N. MORELLO, 1998. «Mining and knowledge of the Earth». En G.A. GOOD (ed.). *Sciences of the Earth: An Encyclopedia of Events, People, and Phenomena*. Garland, Nueva York, vol. II, pp. 589-592.

- VEIGEL, H.J., 1999. «La época de Hamburgo y Freiberg. Su trabajo en el ámbito de la minería». En: W. GOTTSCHALK, U. WINKLER, M. HERNÁNDEZ GONZÁLEZ & H.J. VEIGEL, 1999. *Alexander von Humboldt. Escalas de un viajero explorador, Berlín y Tenerife/Stationen eines Forschungsreisenden, Berlin und Teneriffa*. Catálogo bilingüe de la exposición, Castillo de San Felipe, Puerto de la Cruz (Tenerife), 21 de septiembre-24 de octubre/1999. Fundación Canario-Alemana “Alexander von Humboldt”/Stiftung Stadtmuseum Berlin, pp. 46-55.
- WAGENBRETH, O., 1999. *Geschichte der Geologie in Deutschland*. G. Thieme, Stuttgart, VIII+264 pp.
- WALLS, L.D., 2009. *The passage to Cosmos. Alexander von Humboldt and the shaping of America*. Chicago University Press, Chicago, XVI+416 pp.
- WERNER, A.G., 1774. *Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien*. S.L. Crusius, Leipzig, 304 pp. [trad. inglesa: *On the external characters of minerals*. University of Illinois Press, Urbana (IL), (1962), XXXII+118 pp.].
- , 1786. «Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten». *Abhandlungen der Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften auf das Jahr 1786*. 2: 272-297; como libro se publicó, con el mismo título, en Walther, Dresde (1787), 28 pp. [versión inglesa: *Short classification and description of various rocks*. Hafner, Nueva York, (ed. bilingüe alemán-inglés 1971), 194 pp.].
- , 1788. «Bekanntmachung einer am Scheibenerger Hügel über die Entstehung des Basalts gemachten Entdeckung, nebst sweyen zwischen ihm und Herrn Voigt darüber gewechselten Streitschriften». *Köhlers bergmännisches Journal*, 1, 845-997.
- , 1791. *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den Bergbau besonders den freibergischen*. Gerlachischen Buchdruckerei, Freiburgo, XL+256 pp. [version inglesa: *New theory of the formation of veins; with its application to the art of working mines*. Adamant Media, Boston (trad. inglesa 1809, facsimile 2005), XXXVI+298 pp.].
- WULF, A., 2015. *La invención de la naturaleza. El Nuevo Mundo de Alexander von Humboldt*. Madrid, Taurus (trad. castellana 2016), 584 pp.
- YOUNG, D.A., 2003. *Mind over magma. The story of igneous petrology*. Princeton University Press, Princeton-Oxford, XVIII+686 pp.

