

## La obsidiana en la investigación de los volcanes europeos e hispanoamericanos (1735-1799)

American obsidian in European and Hispanic American volcanic explorations (1735-1799)

José Julio Zerpa Rodríguez<sup>1</sup>  
jjzerrod@gmail.com

### Resumen

Por norma, en la historia del desarrollo de la Geología como una ciencia moderna europea, entre 1750 y 1830, no se incluyen las perspectivas latinoamericanas acerca de los procesos volcánicos. Una posibilidad para comenzar a integrar parte de este conocimiento podría pasar por trazar la circulación de personas, ideas y materiales, entre el Nuevo y el Viejo Mundo. El

objeto de estudio será una roca volcánica, la obsidiana americana, situada en el centro de una polémica científica acerca del origen y desarrollo de la Tierra entre 1735 y 1799. De esta manera, se pretende iluminar parte de los intercambios científicos y especializados entre los dos continentes en una etapa de consolidación de las Ciencias de la Tierra.

**Palabras clave:** Historia de la Ciencia, Volcanología, Latinoamérica, siglo dieciocho, obsidiana.

### Abstract

In the history of the development of Geology as a modern European science, between 1750 and 1830, as a norm, Latin-American perspectives on volcanic processes are not taken into consideration. A possible way to begin to integrate part of this knowledge would be to draw on the circulation of people, ideas and materi-

als, between the New and the Old World. The focus of the study will be American obsidian, a volcanic rock, situated in the middle of a scientific debate about the genesis of Earth, from 1735 to 1799. In this way, scientific and specialized exchanges, in both directions, could be reviewed, during a stage of Earth Science's consolidation.

**Key words:** History of Science, Vulcanology, Latin America, eighteenth century, obsidian.

<sup>1</sup> | Universidad de Guadalajara, México.  
Guanajuato 1045, Col. Alcalde Barranquitas, C. P. 44260, Guadalajara, Jalisco, México.

## Introducción<sup>2</sup>

Antes de que se publicaran en Europa las primeras monografías científicas sobre los procesos volcánicos en las primeras décadas del siglo XIX, éstos habían sido interpretados e integrados en teorías acerca del funcionamiento interno de la Tierra. En el Viejo Mundo, en publicaciones de entre 1740 y 1800 editadas en Francia, Inglaterra y España, se recogen referencias e información documental y cartográfica en cuanto a la actividad volcánica, entre las que destacan las provenientes de América. Sin embargo, la participación y las perspectivas particulares de científicos, especialistas, hombres de letras o religiosos americanos y peninsulares en la recolección y circulación de la información relativa a los volcanes americanos a escala regional y continental, no han sido tenidas en cuenta hasta la actualidad. Una posibilidad para su examen podría ser reconstruir la circulación entre diferentes puntos de Hispanoamérica y Europa Occidental de una roca volcánica, la obsidiana, en el periodo comprendido entre 1735 y 1799, fechas que marcan respectivamente el comienzo de la misión geodésica a la Real Audiencia de Quito y el principio del recorrido americano de Alexander von Humboldt.

La obsidiana tiene ciertas particularidades: dada por desaparecida en Europa por parte de mineralogistas y estudiosos de la cultura grecolatina, fue “descubierta de nuevo” en la cercanía de volcanes activos del Nuevo Mundo, en asociación directa con diferentes expediciones científicas desde la década de los treinta del siglo XVIII. A finales de éste, de manera paralela al basalto, se convertiría en un material objeto de debate entre vulcanólogos y geólogos europeos e hispanoamericanos en sus interpretaciones acerca del papel de los volcanes en el génesis y devenir físico de la Tierra. En este artículo se pretende recoger parte de dichas interpretaciones, centrándonos en los primeros pasos de la biografía científica<sup>3</sup> de la obsidiana entre el Nuevo y el Viejo Mundo: una historia de intercambios científicos y especializados en la que personajes sin una relación directa cruzan perspectivas acerca de un material que desafía la categorización y que promueve la investigación mineralógica y la exploración de los volcanes.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Agradezco las indicaciones del doctor Federico de la Torre de la Torre; asimismo, doy gracias al maestro Manuel Prados Sánchez y a Antonio Venzor Castañeda por su asistencia en la corrección y edición del texto.

<sup>3</sup> Daston (ed.), *Biographies*, p. 5.

<sup>4</sup> Podría plantearse una relación entre la biografía del objeto científico y la microhistoria: así se podrían “entender las múltiples y superpuestas conexiones entre culturas y

## Indicaciones coloniales sobre las Ciencias de la Tierra

### El concepto de Geología para el siglo XVIII

Para algunos historiadores, la Geología parte con toda propiedad, al menos desde la revolución científica, de una serie de principios básicos, empleando en ese momento sistemas de conocimiento y técnicas de la alquimia.<sup>5</sup> Otros sostienen que los geólogos sólo destacaron como investigadores, maestros y practicantes en el ámbito industrial europeo de mediados del XVIII en adelante, lo que coincide con la conformación en la segunda mitad del siglo de la Geología (lo cual pudo acontecer asimismo a finales de siglo,<sup>6</sup> o incluso en la tercera década del XIX). En todo caso, los avances e ideas de los mineros, ingenieros y demás interesados en el Nuevo Mundo acerca del funcionamiento interno de la Tierra y sus procesos, o bien no podrían considerarse como “investigaciones geológicas”, o serían parte del periodo formativo de la Geología como ciencia moderna, como ya se dijo.

### Las prácticas y los saberes mineros

Tal vez el interés primario en las colonias españolas y en la península ibérica por la mineralogía, la explotación colonial y virreinal de la plata y, en menor medida, de otros metales haya opacado las consideraciones de los historiadores sobre otros recursos mineros.<sup>7</sup> En especial porque esto tuvo lugar en un periodo en que en la Europa continental y las islas británicas el enfoque estaría dirigido a las grandes teorías geológicas.<sup>8</sup>

grupos desde la perspectiva de los actores involucrados en ellos, antes que el punto de vista de las instituciones que crearon las estructuras para el florecimiento de esas interacciones y que generaron la mayor parte de las huellas documentales que lo memorializaron”, en Trivellato, “Is There a Future for Italian Microhistory?”, p. 12.

<sup>5</sup> Sobre la fundamentación teórica de los principios estratigráficos por Nicolás Steno: Gohau, *A History of Geology*, pp. 61-67; Rosenberg, “Introduction”, pp. 4-5.

<sup>6</sup> Chester, *Furnace of Creation*, pp. 29-30; Sigurdsson, *Melting the Earth*; Lockwood y Hazlett, *Volcanoes*, pp. 30-31.

<sup>7</sup> “Está claro que el ingreso de la Geología y de la Paleontología como ciencias propias es en España una cuestión del siglo XIX, de sus principios, sí, pero del siglo XIX. Quizá por ello tienen más valor las muy pocas obras relacionadas con estos temas que se escribieron con antelación”, Rodríguez de la Torre, “Bibliografía española”, p. 4.

<sup>8</sup> Giovanni Levi, comunicación oral, 12 de enero de 2012, Sevilla: “Tal parece que la actividad científica y técnica orientada por el pragmatismo ha llevado a algunos historiadores a considerar si un acercamiento excesivamente utilitarista de España a la ciencia

## La recuperación y la reedición de fuentes documentales

Si bien se realizaron exploraciones e interpretaciones de los fenómenos volcánicos locales desde el siglo xvi en diferentes puntos del continente americano, el interés por recopilarlas y publicarlas, como se ha visto, no parece haber sido un objetivo para los historiadores cuando menos hasta finales del siglo xx. Parece que los primeros estudios u obras referentes a las concepciones de la actividad volcánica en el Nuevo Mundo durante el siglo xviii fueron contemporáneos; pero en los últimos años se ha comenzado a recoger, de manera progresiva, un patrimonio impreso no divulgado o incluso desconocido.<sup>9</sup>

No resulta extraño que en los territorios hispanoamericanos haya habido sistemas de investigación e interpretación geológicos aplicados a los volcanes, si bien no siempre continuados en el tiempo, antes y durante la constitución de la vulcanología moderna europea; esos análisis e interpretaciones se llevaron a cabo en sus términos propios.<sup>10</sup> Parece, por tanto, que la manera en que se ha establecido una comparación fragmentaria de las capacidades y prácticas científicas y técnicas en el Nuevo y el Viejo Mundo (en el marco de la historia de la Geología) ha llegado a sus límites interpretativos.

## La construcción de la Geología moderna en Europa (1780-1800)

A lo largo del siglo xviii se produjo en Europa un renovado interés por las ciencias aplicadas y su utilización tecnológica. La instauración de empresas mineras y escuelas estatales para la explotación minera, o el aumento en su actividad, supuso un interés mayor por aspectos técnicos y eminentemente prácticos.<sup>11</sup> Esto tuvo un correlato en las teorizaciones acerca del origen y los procesos de transformación de la Tierra que, en mayor medida que en el siglo anterior, se sometieron a revisión.<sup>12</sup> Además, desde me-

pudo haber llevado a su relativo aislamiento respecto del pensamiento especulativo”, Navarro Brotons y William, “Spain and the Scientific Revolution”, p. 33.

<sup>9</sup> Un estado de la cuestión, reconocido como parcial: Sequeiros, *Boletín*; Rodríguez de la Torre, “Bibliografía española”, pp. 4-7. Además de De la Torre, se puede consultar la obra de Capel, *Organicismo*.

<sup>10</sup> Pueden encontrarse ideas, exploraciones geográficas y geológicas para diferentes países de Hispanoamérica en García Acosta, *Los sismos*, t. II; Petit-Breuilh, *La historia eruptiva de los volcanes*; Seiner Lizárraga, *Estudios de Historia*.

<sup>11</sup> Laudan, *From Mineralogy*, pp. 47-48.

<sup>12</sup> Por cuestiones de espacio, no se ahondará en los desacuerdos y acercamientos entre

diados del XVIII se reforzaron las colecciones de materiales geológicos, los inventarios y el almacenamiento metódico del conocimiento.<sup>13</sup> En líneas generales, la comunidad científica reagrupó el conocimiento adquirido en una escala nacional y europea, un proceso en el que tendrían especial relevancia las nuevas observaciones, incluidas las provenientes de otros continentes. Una muestra de ello son las misiones de exploración con objetivos polivalentes, geográficos y científicos.<sup>14</sup> A partir de la década de los sesenta del siglo XVIII se dio una importante difusión de la información referente a la Geología mediante revistas científicas y prensa general, y creció el número de las traducciones, impresiones y reimpressiones de antiguas memorias y obras; se dio una renovada importancia de las bibliotecas privadas, los gabinetes de estudio y las colecciones geológicas.<sup>15</sup> Llegada la década de los ochenta, sería visible una “comunidad científica internacional” de practicantes de las llamadas “ciencias geológicas”, con un trabajo de campo a escala regional y un sistema de comunicación interno bien organizado. Su formación, reglada o autodidacta, cambiaría con las nuevas instituciones educativas y el desarrollo de sistemas de explotación mineros industriales.

Entre 1780 y 1830 se habrían de sentar las bases conceptuales de la Geología en el sentido de un acuerdo unánime acerca de los objetivos y métodos de la disciplina. Si bien los “sistemas” perduraron entre los geólogos de los siglos XVIII y XIX, de manera progresiva las teorías que sostenían fueron contrastándose con pruebas y observaciones directas sobre el terreno, aunque desde finales del siglo XVIII resultó especialmente evidente la imposibilidad de reproducir ciertas experiencias en el laboratorio, en particular algunas de las más relevantes de los volcanes, como la consecución y el mantenimiento del alto grado de temperatura necesario para lograr las condiciones de formación de las rocas ígneas. En el tránsito del siglo XVIII al XIX existía una amplia variedad de practicantes de las Ciencias de la Tierra: naturalistas, científicos relacionados con estudios químicos, botánicos o médicos, *amateurs* y coleccionistas de especímenes naturales, pero también académicos con un conocimiento técnico y teórico. De manera generalizada, en el estudio de unidades geológicas de gran magnitud se harían nuevas investigaciones sistemáticas que

un pensamiento religioso cristiano, apegado al relato bíblico, y el desarrollo de la geología científica.

<sup>13</sup> Ellenberger, *History of Geology*, p. 177.

<sup>14</sup> Ellenberger, *History of Geology*, pp. 177-190.

<sup>15</sup> Ellenberger, *History of Geology*, pp. 174, 75-77.

considerarían también zonas extraeuropeas, al tiempo que se desarrollarían los instrumentos de medición y las técnicas cartográficas.<sup>16</sup>

### La Historiografía de la exploración científica europea de los volcanes (siglo XVIII)

Si bien en los manuales y obras de referencia de la Historia de la Geología del siglo XX se incluyen secciones o información referentes al estudio de los volcanes, parece ser muy reducido el número de obras específicas sobre la historia de las ideas acerca de los volcanes y su actividad histórica. Un mayor espacio lo han ganado desde los ochenta del siglo XX las investigaciones acerca de las explicaciones y teorías sobre el funcionamiento y los procesos internos de la Tierra en conexión con los acontecimientos volcánicos, a menudo relacionados con sismos. Al menos para algunos de los más reconocidos historiadores de la Geología, nordeuropeos y norteamericanos, parece haber un cierto consenso tácito acerca de la aparición en Europa (Inglaterra, Francia, Italia, territorios germanos) de las primeras obras de Vulcanología científica a principios del siglo XIX, una vez establecidos los fundamentos prácticos de la investigación geológica hacia finales del XVIII.

Entre los estudiosos europeos de los volcanes alrededor de 1780, era ampliamente aceptada la existencia de regiones volcánicas en Europa, así como la extinción de la actividad en regiones de Francia, Alemania e Italia, lo que indicaba que no era un fenómeno contemporáneo.<sup>17</sup> A finales del siglo XVIII, las más extensas descripciones de volcanes por lo general hacían referencia al Vesubio o a Islandia. A principios del siglo XIX existía un conjunto de informes y noticias sobre los volcanes en las Indias Occidentales, en México y a lo largo de los Andes. Así, en Europa se podían encontrar informes y colecciones de museos que describían y contenían gran número de muestras de productos volcánicos.<sup>18</sup> El problema manifiesto era la reordenación y denominación de la variedad de productos geológicos, debido a la considerable variación en contenido mineral, composición química, textura y ubicación geológica de las rocas cristalinas. Gran cantidad de términos para nombrar rocas, texturas y clasificaciones de principios del siglo XIX surgieron de tradiciones petrológicas germanas y francesas.<sup>19</sup> En este nuevo siglo surgiría la ciencia de la petrología

<sup>16</sup> Laudan, *From Mineralogy*, p. 40.

<sup>17</sup> Young, *Mind over Magma*, p. 20.

<sup>18</sup> Young, *Mind over Magma*, pp. 13-14.

<sup>19</sup> Young, *Mind over Magma*, pp. 104, 106.



ígnea<sup>20</sup> gracias al desarrollo previo de una metodología adecuada para la adquisición del conocimiento y de formas sistemáticas de observación y pensamiento.

### Un punto ciego en la Historia de la Geología: el estudio de los volcanes americanos (1750-1800)

Entre los principales estudios acerca de la Historia de la Geología europeos y estadounidenses de las últimas tres décadas no se ha encontrado un número de referencias considerable en cuanto a posibles aportaciones de geólogos, mineros y especialistas locales del Nuevo Mundo.<sup>21</sup> El resultado de estas lagunas podría llevar a pensar que hubo, por una parte, una aparente desconexión entre científicos y especialistas y el territorio; por la otra, una capacidad investigadora y científica limitada en las colonias españolas, en términos de sus contemporáneos europeos, hasta los primeros momentos de las nuevas repúblicas. Sin embargo, diferentes motivos nos llevan a pensar que, al menos en lo referente a la segunda mitad del siglo XVIII, se trata de un área que no ha sido explorada aún.

En Europa muy probablemente también pudo haber una recepción (desde el siglo XVI) de información y materiales geológicos volcánicos,<sup>22</sup> si bien quizás hayan sido remitidos y clasificados con diferentes nombres y opiniones sobre su origen físico.<sup>23</sup> La recepción y publicación en obras especializadas y generales se producen, ya con seguridad, a finales del XVIII.<sup>24</sup> Para este siglo y el anterior se pueden encontrar referencias en obras geográficas generales y escritos sobre volcanes. Además de la documentación cartográfica y geográfica, se puede mencionar que el concepto mismo de volcán en obras lexicográficas francesas aparece relacionado con ejemplos de los territorios del Nuevo Mundo.<sup>25</sup> Sin duda

<sup>20</sup> Young, *Mind over Magma*, p. 3.

<sup>21</sup> Como en Ellenberger, *History of Geology*; Gohau, *A History of Geology*; Krafft, *Les Feux de la Terre*; Laudan, *From Mineralogy*; Rappaport, "The Earth Sciences", pp. 419-436; Rudwick, *Bursting the Limits*; Sigurdsson, *Melting the Earth*; T. Greene, "Geology", pp. 167-184.

<sup>22</sup> Imágenes de volcanes y terremotos del ámbito hispanoamericano publicadas en Europa entre los siglos XVII y XVIII, en Martínez de Pisón y Romero Ruiz, *Volcanes de Papel*.

<sup>23</sup> Por ejemplo, Bartolomé Estaban Murillo (1617-1682) empleó como lienzo para una serie de obras de temas religiosos lajas de lo que hoy conocemos como obsidiana, de Michoacán (México).

<sup>24</sup> Young, *Mind over Magma*, pp. 13-14.

<sup>25</sup> Aruta Stampacchia, "Le mot 'volcan'", pp. 59-72.

que no se trataba solamente de un empleo alegórico de las erupciones y perturbaciones producidas por una naturaleza alterna a la europea, sino de ejemplos pertinentes con los cuales contrastar las mediciones y los estudios acerca de la constitución de los volcanes del Viejo Mundo. En América nos encontramos con unas particulares condiciones geográficas, culturales, políticas y sociales que pudieron ser estudiadas en mayor profundidad a partir del último cuarto del siglo xx. Además de la geohistoria del continente, hubo una actividad científica española, con especial importancia para nuestra propuesta, a partir de la década de los cuarenta del siglo xviii. El interés pragmático en la reconstitución del poder administrativo y económico en el Nuevo Mundo, en especial a partir de la introducción de las reformas borbónicas que apremiaban la localización, el estudio y la reorganización de los recursos naturales conocidos o no, daría lugar a nuevos estudios geográficos y topográficos para los que las expediciones científicas formaban parte integral del proyecto. A finales del siglo, las instituciones corporativas que ya reglamentaban el funcionamiento de la actividad minera y los estudios en centros de enseñanza superior se suma la educación formal reglada en minería o ingeniería.<sup>26</sup> En todos los casos, con importantes precedentes en las décadas anteriores. El legado de la Compañía de Jesús, expulsada de los reinos españoles a partir de 1767 y disuelta por el Papado en 1773, está aún siendo recuperado.<sup>27</sup> Entre los resultados de esta conjunción se ha destacado en la última década cómo un nacionalismo criollo de orden regional, vinculado a unidades político-administrativas bien definidas, comenzó a incluir en sus discursos autorrepresentativos aspectos del medio ambiental y cultural, en un discurso que aunaba lo simbólico con las posibilidades para la industria y el comercio.<sup>28</sup>

Las posibilidades que ofrecen para la historia de la Geología del siglo xviii y principios del xix las colecciones geológicas generales o con interés

<sup>26</sup> Como la Academia de Minas de Potosí (1779), el Seminario de Minería de México (1792) o, en el mismo año, la Sociedad Mineralógica en Arequipa.

<sup>27</sup> Udía Vallina, "Los jesuitas", pp. 57-66. Para el caso del abate Juan Ignacio Molina (1740-1829), su actividad académica, de investigación geológica y de escritura entre el Reino de Chile e Italia, en el siglo xvii y el xix, Menichetti, "The Geological Perspective". El padre Clavijero, S. J., en la Nueva España, recogió teorizaciones acerca de la causa de los sismos y las erupciones volcánicas, según aparecen en su *Physica particularis*, en actual traducción completa del original existente en la Biblioteca Pública del Estado de Jalisco.

<sup>28</sup> Lafuente, "Enlightenment", pp. 155-173; en el mismo volumen, Pimentel Igea, "The Iberian Vision", pp. 17-30.



por los materiales volcánicos,<sup>29</sup> la circulación de este tipo de materiales y el recorrido por territorios marcados por la actividad volcánica han sido ya esbozados,<sup>30</sup> si bien en referencia casi exclusiva para las actividades de científicos europeos en el Viejo Mundo o en sus límites continentales. Precisamente, en los últimos años se ha insistido en lo indispensable que es una perspectiva más amplia en la reconstrucción histórica del intercambio sobre el conocimiento geológico que incluya consideraciones acerca de la actividad volcánica, si bien el epicentro se ha venido situando en la Europa continental y las islas británicas. El resultado sería una red de científicos que estarían al tanto de la publicación de nuevas obras en otros idiomas y provenientes del ámbito europeo, un cosmopolitismo que se mantendría incluso frente al nacionalismo cultural inherente al romanticismo temprano.<sup>31</sup>

### La obsidiana americana como prueba científica entre el Nuevo y el Viejo Mundo (1735-1799)

Para reconocer el conjunto de información vulcanológica proveniente de las colonias españolas en el Nuevo Mundo que, con especial intensidad a partir de mediados del XVIII, fue recibida en Europa, puede seguirse el tránsito de la obsidiana americana, una roca volcánica originada por el enfriamiento muy rápido de la lava a nivel de superficie, por lo general en la cercanía de volcanes jóvenes.<sup>32</sup> No obstante su presencia e importancia en distintas fases culturales y civilizaciones, nos centraremos en una faceta específica, sólo en el periodo planteado, cuando de manera gradual en Europa la obsidiana pasa de ser valorada sobre todo como una materia exótica, manufacturada por diferentes culturas y civilizaciones en el Nuevo Mundo,<sup>33</sup> a ser una muestra geológica, con-

<sup>29</sup> Wyse Jackson, "Geological Museums", pp. 417-431; Wyse Jackson, "Il Catalogo", pp. 95-170.

<sup>30</sup> En referencia explícita a la llamada "Época heroica de la geología" del XVIII, de finales del siglo a 1815, Rudwick, "Geological Travel", pp. 155; Vaccari, "The organized traveller", pp. 7-17, y Vaccari, "Volcanic travels", pp. 37-50.

<sup>31</sup> Rudwick, *Bursting the limits*, p. 3. Un posible ejemplo lo encontramos en la Paleontología. Se trata de una rama de la ciencia subordinada o integrada en las Ciencias de la Tierra hasta avanzado el siglo XIX. El caso del *Megatherium americanum* hallado en 1785 cuenta con nuevos enfoques, tales como la política institucional virreinal: Pimentel Igea, *El rinoceronte*.

<sup>32</sup> Rapp, *Archaeomineralogy*, pp. 85, 111.

<sup>33</sup> En el caso de México, en el que quizás se haya estudiado la obsidiana arqueológica con

textualizada, vinculada con la exploración volcánica mediterránea y del continente americano.

Para ello, se propone una inicial división en etapas; las principales de ellas se corresponden con expediciones científicas que localizaron e interpretaron la obsidiana americana: entre 1735, comienzo de la misión geodésica a la Real Audiencia de Quito, y 1799, con los primeros compases de la expedición americana de Alexander von Humboldt. Con ellas se pretende cerrar el círculo iniciado por los expedicionarios: científicos europeos o americanos, avalados o respaldados por la Corona española, recorren los volcanes americanos y canarios encontrando rastros inesperados de un vidrio volcánico de difícil interpretación. Además, confrontan la obsidiana con otras categorizaciones de ésta establecidas en el Viejo Mundo, lo que implica un origen de la roca volcánica diferente del que hoy conocemos. Antonio Pineda, miembro de la Expedición Malaspina (1789-1794), establece además comparaciones fundamentadas de minerales y rocas de la Nueva España y territorios de América del Sur con los europeos; en el caso de Alexander von Humboldt, le acompañaremos justo hasta una de las misivas que envía desde territorio americano continental, recién desembarcado (1799). Esto permitirá establecer, de manera general, algunas continuidades y qué agentes transmitieron ideas y conceptos acerca del origen de nuestro mundo mediante especímenes geológicos de obsidiana enviados a Madrid.

### De objeto de factura local al conocimiento general europeo (1735 –década de los sesenta del siglo XVIII)

En Francia, la polémica entre quienes consideraban la Tierra como una esfera perfecta y quienes optaban por la hipótesis newtoniana, que la hallaba achatada en los polos y con un mayor diámetro en el Ecuador, habría de ser dirimida mediante los estudios de dos expediciones científicas: una marcharía al Polo Norte, otra al Ecuador geográfico. Ésta, la Misión Geodésica en la Real Audiencia de Quito (1735-1750), fue organizada por la Academia Real de las Ciencias parisina y financiada por la Corona española, que facilitaba el contacto con las autoridades locales, y habría de realizar mediciones geodésicas y astronómicas en el entorno y la jurisdicción de la presidencia de Quito, parte del virreinato del Perú,

mayor intensidad. Una recopilación de sus fuentes materiales: Cobean, *Un mundo de obsidiana*. A partir del estudio de la sierra de las Navajas (Hidalgo), Pastrana Cruz, *La Distribución*. En el caso de Michoacán, Darras, “Economía y poder”, pp. 243- 298; para Jalisco, Esparza y Ponce Ordaz, “La obsidiana”, pp. 145-170.

con el objetivo de calcular el arco del meridiano.<sup>34</sup> En el caso español, sería una de las primeras expediciones científicas a los reinos americanos auspiciada por los Borbones, parte de una estrategia de reconstrucción del poder imperial y de una renovada expansión de la actividad mercantil y económica.<sup>35</sup>

Los guardiamarinas Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) y Antonio de Ulloa (1716-1745), supervisaron las actividades de los franceses, participaron en las principales mediciones astronómicas y los cálculos matemáticos. Por Francia, Charles-Marie de La Condamine (1701-1774), Pierre Bouguer (1698-1758) y Louis Godin (1704-1760), además de Joseph de Jussieu (1704-1779), el especialista en Historia Natural. Las triangulaciones geodésicas que realizaron en la cordillera andina, siguiendo un itinerario establecido, les llevaron a subir durante varios años en repetidas y laboriosas ocasiones (además de por las ocasionales incorrecciones y necesidad de confirmación en las medidas) a las principales cumbres de las montañas y los volcanes más elevados en la región,<sup>36</sup> uno de los lugares con mayor actividad sísmica y volcánica de los Andes. En esas plataformas de observación y medición, o en sus inmediaciones, los expedicionarios se encontraron con una realidad natural en acción, con grandes e inesperadas posibilidades: el estallido del volcán Cotopaxi en varias ocasiones, o el del Carguayraso, que dieron lugar a un riada catastrófica de piedras y lodo, y también reciben noticias de terremotos y acontecimientos volcánicos observados por los habitantes de la zona.

Tras la prolongada estancia en la presidencia de Quito y una serie de vicisitudes y diferentes caminos de retorno a Europa, la paulatina publicación de los informes y obras de los diferentes expedicionarios debe haber comenzado a finales de la década de los cuarenta y principios de los cincuenta, al menos para La Condamine y Bouguer, Antonio de Ulloa y Jorge Juan, con traducciones en diferentes lenguas. En España, precisamente, la publicación de los dos últimos marcó, junto a otros eventos, el final de una etapa en la Ilustración del país, y dio paso a la que, entre la década de los cincuenta y 1767, estuvo marcada por la “militarización” de la ciencia española.

<sup>34</sup> Lafuente y Mazuecos, *Los Caballeros*.

<sup>35</sup> En el marco de las reformas borbónicas, aceleradas tras el final de la “Guerra de los Siete Años” (1756-1763), la ciencia y la tecnología fueron herramientas en la pretendida transformación de la antigua monarquía universal a imperio colonial. De la amplia bibliografía se puede citar a: Pimentel, *Viajeros científicos*.

<sup>36</sup> Además de las referencias textuales, dos cartas topográficas son las de Juan y Ulloa, “Carta”; Condamine, *Mesure*.

Si bien la posible difusión en Europa de esta nueva área de comparación y contraste con la experiencia mediterránea pudo ser un resultado destacable de la expedición, un proceso que parece no haber sido estudiado también trajo consigo una serie de fascinantes objetos hechos de una materia mineral o rocosa particular: en el caso de Jorge Juan y Ulloa, al elaborar la descripción y el inventario de los objetos provenientes del expolio de las “huacas” o “cerros artificiales” en que se enterraba a los incas con su ajuar personal en la región de Quito y la jurisdicción de Lima, mencionan espejos hechos de “piedra del gallinazo”,<sup>37</sup> cuyo “color, transparencia, dureza, y el ser muy limpia, la hacen hermosa”. En la tersa superficie, semejante al vidrio, se reflejan los objetos, un resultado para el que “aquellos pueblos” tendrían que haber “tenido abundancia de instrumentos adecuados para el fin, y grande conocimiento de la Óptica”<sup>38</sup> [imagen I]. La fascinación con la “piedra del gallinazo” no termina aquí: en otra obra, en la sección dedicada a inventariar las riquezas mineras, agrícolas y farmacéuticas y las posibilidades que ofrece para la economía su mejor explotación, los guardiamarinas no dejan de mencionar que sus canteras en “la alta montaña” no son aprovechadas, si bien tampoco se mencionan planes para su explotación industrial o manufacturera.<sup>39</sup>

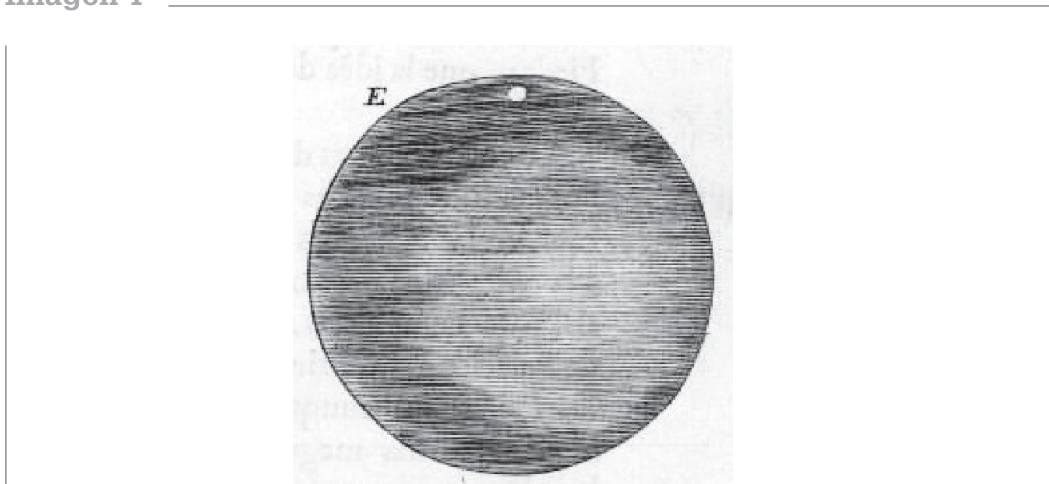
El interés de Ulloa, quien “poseía unos sólidos conocimientos americanistas e incluso un interés por los objetos indígenas antiguos”, perdería: una vez en la Península, presentó en 1752 un informe a la Corona para la creación de un “Estudio y Gabinete de Historia Natural”, que tras

<sup>37</sup> *Coragyps atratus*, un tipo de buitre del Nuevo Mundo; tal vez se deba esta denominación por similitud con lo limpio, negro y brillante de su plumaje.

<sup>38</sup> Juan y Ulloa, *Relación histórica*; para la descripción de las huacas: pp. 617-620; para la descripción de la “piedra de gallinazo”, los espejos y otros instrumentos fabricados con ella y consideraciones sobre su trabajo: pp. 620-621, 623. Ver en especial la ilustración xv, correspondiente a la p. 624. La traducción al francés: *Voyage Historique de l'Amérique Méridionale fait par ordre du Roi d'Espagne*, vol. I, Arksteé & Merkus, Amsterdam y Lepizig, 1764.

<sup>39</sup> Juan y Ulloa, *Noticias Secretas de América*. El título original es “Discurso y reflexiones políticas sobre el estado presente de los reinos del Perú”, fechado en 1747. “Sobre una negrura que excede al azabache, un terso que no tiene comparación con el cristal más bien pulido, una dureza grande, una limpieza donde ni para hermosura admite veta que se haga reparable”, en Juan y Ulloa, *Noticias*, p. 531. Si bien la identificación con lo que hoy conocemos como obsidiana no es del todo segura: Petersen, *Mining and Metallurgy*, p. 65; Lunazzi, “Óptica precolombina”, pp. 1-10.

Imagen 1



Fuente: Elaboración propia. Espejo de “piedra del Gallinazo”, en Juan y Ulloa, *Relación*, p. 624, Lámina xv “Explicación de las piezas labradas por los Yndios Gentiles que se encuentran en sus Guacas o Sepulcros” (detalle).

ser aceptado, le valdría el nombramiento como su primer director<sup>40</sup> hasta 1755. Para la conformación del gabinete se emitieron “órdenes de acopio y envío al museo de todo tipo de curiosidades de historia natural y de antigüedades”, lo que dio como resultado una más que probable “obra de envergadura y sólidamente estructurada”.<sup>41</sup>

También La Condamine y Bouguer transmitirían en sus obras de muy diferente naturaleza (informes de viaje, matemáticas, geodésicas, cartográficas) mediciones, dimensiones y noticias acerca de la actividad histórica de una serie de volcanes, que se complementan con información acerca de objetos de origen y manufactura local. Sin embargo, no parece haberse explicitado la relación directa entre los volcanes y la “piedra del gallinazo”.

### Del conocimiento heredado al gabinete del coleccionista y del mineralogista (1764)

En un mismo año, en dos obras publicadas en París (el ensayo de un anticuario y las consideraciones de un mineralogista) entrecruzándose, sobre todo en el primer caso, el coleccionismo, el estudio arqueológico y la ciencia experimental, la “piedra del gallinazo” del Virreinato del Perú, de la

<sup>40</sup> Ulloa también redactaría unas normas para que fueran remitidos cuantos elementos fueran de interés para las nuevas colecciones, según Puig Samper, “Antonio de Ulloa”, p. 123.

<sup>41</sup> Cabello Carro, *Coleccionismo*, pp. 28-30.

que se hacen maravillosos espejos, sería renombrada obsidiana, avalado su origen geológico, y tendría un origen volcánico.

La persona que habría de rescatar de la antigüedad clásica el término obsidiana fue un anticuario, paleógrafo y académico, el conde de Caylus (1692-1765), quien en su larga carrera llevó a cabo algunos de los primeros estudios sistemáticos y particulares de las piezas de origen coleccionista o prearqueológico.<sup>42</sup> Alejándose de su línea de investigación principal, en el año mencionado publica una conferencia pronunciada varios años antes<sup>43</sup> en la que demostraba haber identificado con certeza la misteriosa obsidiana, sobre la que escribió Plinio el Viejo y cuyas canteras se habían dado por perdidas desde la antigüedad.<sup>44</sup>

Para ello, Caylus recurre a diferentes fuentes escritas y materiales de distintas épocas y proveniencias, entre ellos a las obras de tratadistas de la antigüedad y a escritos europeos sobre mineralogía de la edad moderna. En este grupo se incluyen informaciones y, en especial, imágenes de objetos de Ulisse Aldovrandi (1522-1605), profesor de Filosofía Natural y director del jardín botánico de Bolonia, y Ferrante Imperato (1550-1631), destacado farmacéutico en Nápoles, quienes poseyeron dos de los más destacados gabinetes de curiosidades de Italia y de Europa a mediados del siglo XVI, con varios objetos de origen etnográfico americano.<sup>45</sup>

Caylus también incluye citas e indicaciones sobre objetos descritos y llevados al Viejo Mundo por sus contemporáneos miembros de la Expedición Geodésica, entre otros un espejo de “piedra del gallinazo” albergado en el Cabinet d’Histoire naturelle du Jardin du Roi, remitido por Godin, datos sobre la piedra y una ilustración de un espejo de Ulloa, y de la colección de Jussieu (véase imagen 2).<sup>46</sup>

<sup>42</sup> Anne-Claude-Philippe de Tublères-Grimoard, conde de Caylus, estudiaba las piezas mediante su observación personal y directa, la comparación con otras similares y la ubicación del objeto en la historia tecnológica y cultural. MacGregor, *Curiosity and Enlightenment*, pp. 210-212.

<sup>43</sup> 25 de abril de 1760, en la parisina Académie des Inscriptions et Belles-Lettres. La institución, con el patrocinio del monarca, se ocupaba del estudio de documentos y restos materiales de la Antigüedad clásica, en gran parte relacionados con la historia de Francia.

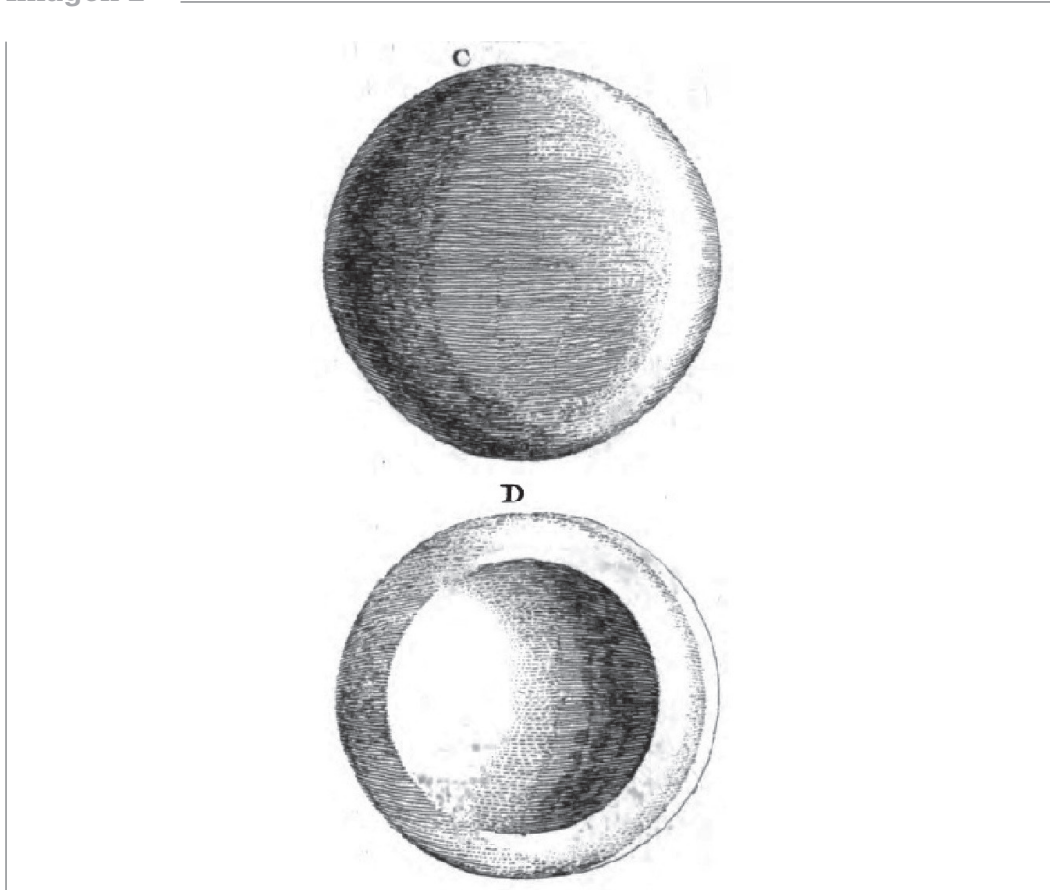
<sup>44</sup> Caylus, “Examen”, pp. 457-502.

<sup>45</sup> Olmi, “Science-Honour-Metaphor”, pp. 1-3.

<sup>46</sup> En la ilustración previa al ensayo podemos encontrar los diez objetos de obsidiana y bronce que empleará en sus disquisiciones; véase Caylus, “Examen”, p. 456. Las piezas provendrían del Cabinet d’Histoire naturelle du Jardin du Roi” remitidas por Godin, de las colecciones de Aldovrandi, Imperanti, Jussieu e imágenes de la obra de Ulloa.



Imagen 2



Fuente: Elaboración propia. Dos espejos de la “piedra gallinácea”, procedentes de Quito, de la colección de Jussieu, entre otros objetos que podríamos reconocer provenientes los Andes septentrionales y Mesoamérica. Detalle de la lámina previa al ensayo del conde de Caylus, “Examen”, p. 457.

Tras un complejo análisis filológico y de exponer las derivaciones e inconsistencias de los mineralogistas de la Edad media y moderna respecto de lo escrito por Plinio, de resumir los principales aspectos de la Expedición Geodésica en Quito y de un breve experimento, Caylus determina que la obsidiana de la antigüedad existe en su época, tiene un posible origen volcánico, y puede ser encontrada, además de trabajada por los indios del Perú, en los volcanes Vesubio, Hekla de Islandia (“ágata de Islandia”) o en Bohemia. Ésta se ha considerado como una de las últimas ocasiones en que obras de referencia de la Antigüedad clásica pudieron servir de orientación en el estudio de la Naturaleza, papel que sería retomado por las nuevas ciencias experimentales en conformación.

De manera simultánea, un especialista en la minería industrial y la mineralogía con una opinión de mayor influencia y consideración en las

ciencias naturales, el también académico y profesor de Historia Natural Jacques-Christophe Valmont de Bomare (1731-1807), emplearía en la primera de sus obras mejor difundidas en Europa las líneas principales del razonamiento de Caylus,<sup>47</sup> a partir de la lectura de su conferencia de 1755. Con el apoyo de Bomare a la tesis según la cual la obsidiana podría ser una “escoria”<sup>48</sup> de los volcanes, y quizá provenga del Perú, obtendría un respaldo académico al menos parcial para la perspectiva particular del anticuario. Diez años después, en una enciclopedia (una de las primeras obras generales que aspiraban a resumir y exponer el conocimiento desde un punto de vista ilustrado),<sup>49</sup> se incluye la entrada de la “piedra gallinácea”, pero sin citar a Ulloa o Jorge Juan.

En lo sucesivo, esta definición sería normativa en las obras de mineralogía y los diccionarios franceses, en los que no figuran como fuentes de información los dos guardiamarinas españoles que acompañaron a La Condamine, Bouguer y Jussieu.

#### Del gabinete al trabajo de campo: rastrear la obsidiana en los volcanes europeos (1776)

El estudio de la obsidiana, del reconocimiento directo de los volcanes europeos, la recolección de muestras y la reconstrucción estratigráfica sobre el terreno serían llevados a cabo por dos pioneros europeos en la vulcanología, quienes no parecieron preocuparse por conocer las secuencias de transmisión entre científicos de la roca volcánica y sus fuentes americanas.

En su estancia como diplomático británico en el Reino de las Dos Sicilias, Sir William Hamilton (1731-1803) dedicó gran parte de su tiempo libre al estudio y coleccionismo de antigüedades clásicas, así como al recorrido por los volcanes itálicos. En 1776, tras varias publicaciones sobre el Vesubio y el Etna, financiaría la edición e impresión en Nápoles de dos lujosos volúmenes de gran formato, en los que da cuenta de sus estudios: *Campi Phlegraei*<sup>50</sup> (*Campos Flégreos*), llamados así por el nombre que se daba a la amplia y compleja área volcánica que circunda la ciudad. En el segundo volumen adquieren mayor relevancia las láminas del artista y editor Pietro Fabris (1740-1792), que recogen vistas de los volcanes del

<sup>47</sup> Bomare, *Dictionnaire*, pp. 284-287.

<sup>48</sup> En el sentido de ser un subproducto, parcialmente vítreo, derivado de la fundición metalúrgica

<sup>49</sup> Felice, *Encyclopédie*, p. 543.

<sup>50</sup> Hamilton, *Campi Phlegraei*.

Sur de Italia, su ubicación en el paisaje, las actividades que tenían lugar en sus inmediaciones (agrícolas o manufactureras, otras más cercanas al turismo),<sup>51</sup> así como, con gran realismo y fidelidad, los procesos eruptivos. La obra fue un gran éxito editorial y de crítica, a pesar de su elevado precio y limitada tirada, lo cual contribuyó a un mayor interés entre las elites cultas por los paisajes y la experiencia volcánica. Los libros podrían considerarse como un catálogo de materiales geológicos y un exhibidor portátil. Entre las extraordinarias ilustraciones de especímenes geológicos con los que llegó a conformar una notable colección privada, algunos recogidos por el propio Hamilton, de posibles fósiles y de algún objeto, el autor describiría algunos de ellos como *lapis obsidianus* proveniente del Etna;<sup>52</sup> casi seguramente el mismo material que Caylus y Bomare identificaron (véase imagen 3). La importancia de dichas ilustraciones para un ámbito estudiado por un investigador de prestigio no sólo obedece a que se considera que la obsidiana tiene un origen volcánico, sino que además, por ser obras pictóricas de alta calidad, permiten completar las descripciones de los manuales de mineralogía.

Dos años después de la publicación de *Campi Phlegraei*, un geólogo profesional con amplios recorridos y experiencia en la minería industrial, el francés Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819), demuestra por primera vez la existencia de volcanes extintos en el Macizo Central francés (región de Vivarais, al sureste del país).<sup>53</sup> Las implicaciones de su tesis eran muy poderosas: Faujas de Saint-Fond formó parte de una generación de la disciplina científica llamada Geología que constataron el vulcanismo extinto en Europa (en regiones de Francia, territorios germanos, Italia y Sicilia) y abrieron una posibilidad para la reconstrucción de un complejo y vasto pasado geológico al demostrar que los fenómenos volcánicos se habían dado a lo largo de la historia de la Tierra en emplazamientos hasta entonces inimaginables.<sup>54</sup> En su obra más destacada, tras explorar el Macizo Central francés y los Alpes, estudiaría en un trabajo innovador las condiciones externas de las rocas, su estructura, composición y estratificación, y establecería una clasificación de los materiales

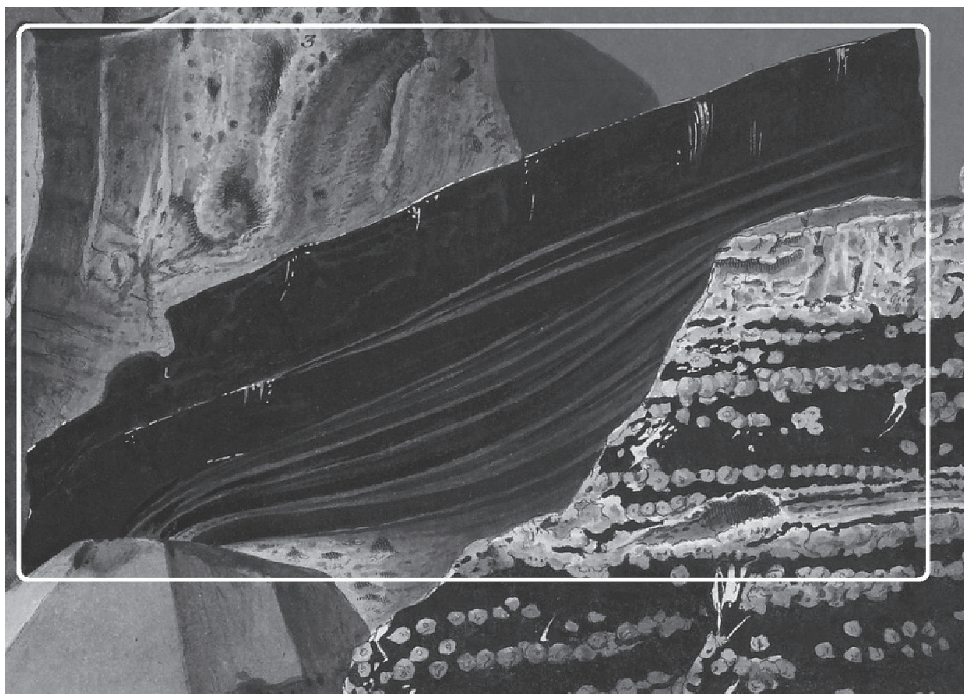
<sup>51</sup> Rudwick, "Picturing Nature", pp. 295-302.

<sup>52</sup> Hamilton, *Campi Phlegraei*, vol. II, "Plate 52" y "References to plate 52. Vitrifications and other volcanick products", en concreto, las explicaciones para el ítem núm. 2. Identifica el *lapis obsidianus* también en Rapilli, el Vesubio, Somma o las islas Lipari, varios de los volcanes itálicos más estudiados del Mediterráneo, tal vez de Europa, hasta la fecha.

<sup>53</sup> Faujas de Saint-Fond, *Recherches*.

<sup>54</sup> Young, *Mind over Magma*, pp. 19-20.

### Imagen 3



Fuente: Elaboración propia. En el recuadro blanco, *lapis obsidianus* identificado en diferentes volcanes de la Península itálica y el entorno, en Hamilton, *Campi Phlegraei*, vol. 2, lámina 52: “Vitrifications, and other Volcanick productions” (detalle), se incluyen las descripciones en la página siguiente.

geológicos. Matizando las opiniones de otros geólogos y recuperando los comentarios de Caylus, escribe cómo la “piedra del gallinazo” sería producida por los volcanes y estaría presente, como él mismo pudo comprobar, en el Vivarais.<sup>55</sup> Varios años después, en 1784, Faujas de Saint-Fond ampliaría su clasificación de materiales volcánicos dedicando un capítulo a la obsidiana,<sup>56</sup> la cual organiza en diferentes categorías según su aspecto externo y un análisis visual de sus componentes. La que considera como obsidiana está presente en Europa (Francia, Islandia, Italia, Sicilia y su entorno), América (Perú), una isla atlántica (Ascensión) y el Pacífico Sur (Nueva Zelanda, Islas de la Sociedad).<sup>57</sup>

<sup>55</sup> Faujas de Saint-Fond, *Recherches*, p. 172.

<sup>56</sup> Faujas de Saint-Fond, *Minéralogie*, pp. 308-332.

<sup>57</sup> Así, la que considera “la auténtica piedra gallinácea peruana” es la misma “obsidiana de la Antigüedad clásica, y el ágata de Islandia”. Faujas de Saint-Fond, *Minéralogie*, p. 321.

## Científicos: Antonio Pineda y Andrés Manuel del Río (1793-1795)

A finales del siglo XVIII, dos científicos formados en Europa, Andrés Manuel del Río, de larga y azarosa carrera profesional, y Antonio Pineda, fallecido a una edad temprana, divergen en su interpretación de los fenómenos volcánicos adoptando posiciones plutonistas o neptunistas. Así, mientras que el primero tuvo una opinión claramente neptunista, la posición del segundo fue plutonista, si bien matizada.<sup>58</sup> La recepción de sus obras fue, asimismo, muy diversa.

No obstante, son dos de los primeros americanos que, con una formación europea, comenzaron a interpretar y contrastar la actividad y el origen de los volcanes desde el Nuevo Mundo con ideas y teorías del Viejo.

### Antonio Pineda (1753-1792)

Al mando de Alejandro Malaspina (1754-1809), oficial de marina de origen italiano, la expedición que tuvo diferentes nombres pero que se conoce generalmente en la actualidad como Expedición Malaspina, uno de los proyectos científicos más ambiciosos de su tiempo (1789-1794), recorrería la costa del Pacífico americano y las posesiones españolas en Oceanía. Dada su importancia, se llevaron a cabo cuidadosos preparativos logísticos, recopilaciones cartográficas y documentales a partir de informantes locales y extranjeros, además de un examen de los futuros expedicionarios. Sin embargo, la caída en desgracia de Malaspina y su exilio en 1795 probablemente influyeron para vetar la edición y difusión de gran parte de las observaciones recabadas; así, las investigaciones de índole política quedarían reservadas hasta finales del siglo XX.<sup>59</sup> De los tres naturalistas que formaron parte de la expedición, Luis Neé, Tadeo Haneke<sup>60</sup> y Antonio

<sup>58</sup> Si bien el ejemplo clásico del debate fue el caso del basalto, dejaremos éste de lado para seguir con la construcción científica de la obsidiana.

<sup>59</sup> Se cuenta en la actualidad con una amplia bibliografía acerca de la expedición. En los años ochenta del siglo XX comenzó una recuperación de su legado documental, científico y filosófico. Hay una colección de obras: *La Expedición Malaspina*. Respecto a sus condicionantes políticos, Lucena Giraldo y Pimentel Igea, *Los axiomas*.

<sup>60</sup> Comisionado para participar a las órdenes de Pineda en el grupo dedicado a la Historia Natural, en concreto a la botánica. Con Neé o Pineda subió algunos volcanes (como el Misti de Arequipa, al sur del Perú), y recorrió zonas volcánicas de América del Sur, Central y del Norte. Puede consultarse Ibañez, *Trabajos científicos*.



Pineda, destaca éste por varias razones. Pineda,<sup>61</sup> nacido en Guatemala de padres peninsulares, recorrió los volcanes del norte, centro y sur de la América española y de las islas Filipinas y Marianas<sup>62</sup> estableciendo paralelismos con sus conocimientos de la geología de Francia e Italia.<sup>63</sup> Si bien es sólo una mención sucinta, podría suponerse que, en la práctica, debe haber sido uno de los pocos individuos con formación científica en establecer comparaciones acerca de los fenómenos volcánicos entre puntos de Europa y, a partir del trabajo de campo, con el territorio continental americano y el Pacífico antes del siglo XIX.

En sus recorridos, en los que muestra un gran interés por la descripción de los aspectos externos de las rocas y los fenómenos geológicos, encuentra al menos en dos ocasiones en el centro de México fragmentos de *lapis obsidianus*.<sup>64</sup> Si se considera que recorrió volcanes de la región de Quito, en una revisión historiográfica más profunda quizá sería posible precisar su postura frente a los fenómenos volcánicos: pudo ser vulcanista, siguiendo los preceptos de Desmarest y Hamilton en cuanto al origen ígneo del basalto, pero con influencias de Abraham Werner al explicar su ocasional formación debido a procesos de transporte y sedimentación acuáticos. La obsidiana americana podría haber sido el paralelo idóneo para el basalto, que en Europa era ya motivo de acalorada discusión entre los geólogos.<sup>65</sup> Pineda falleció a una edad temprana en las Filipinas, pero algunas muestras llegaron a manos de Christian Herrgen, a cargo de la sección geológica del Real Gabinete de Historia Natural de Madrid,<sup>66</sup> como se verá más adelante.

#### Andrés Manuel del Río (1764-1849)

Estudioso brillante, tras formarse en España, en Francia y en territorios germanos desarrolló la mayor parte de su actividad docente y profesional en

<sup>61</sup> Las actividades de Pineda como expedicionario han sido tratadas con especial relevancia por Galera Gómez, *La ilustración española*. En cuanto a su estancia en Guayaquil (presidencia de Quito), se cuenta con Estrella, Pimentel Igea e Higuera Rodríguez, *La Expedición Malaspina*, t. VIII. Sus trabajos en la Nueva España aparecen en González Claverán, *La expedición científica*. En esta obra y la de Galera se incluyen reflexiones del científico acerca de la actividad volcánica americana comparada con la europea.

<sup>62</sup> Unanue, "Elogio histórico", p. 27. En el caso de Filipinas, Jiménez Donoso, "Vulcanismo", pp. 152-156.

<sup>63</sup> González Claverán, *La expedición científica*, p. 291.

<sup>64</sup> González Claverán, *La expedición científica*, p. 280.

<sup>65</sup> Galera Gómez, "La aportación científica", p. 99.

<sup>66</sup> Hay una edición de los documentos en Calatayud Arinero, *Catálogo crítico*.



diferentes periodos en la Nueva España, en los jóvenes Estados Unidos de América y por último de regreso en la nueva República mexicana. En 1795, el mismo año en que accede a su plaza de profesor de mineralogía en el reciente Real Seminario de Minería de México, proveniente del Viejo Mundo, redacta y publica un manual para consulta y empleo de los estudiantes en el que recogió las principales ideas de su maestro Werner,<sup>67</sup> antes de la publicación de una nueva versión actualizada y revisada en 1832.<sup>68</sup> En la sección dedicada a la obsidiana, Del Río diferencia la obsidiana auténtica de otros materiales muy similares. Para sostener sus argumentos emplea muestras recogidas en diferentes puntos del centro y occidente de México.<sup>69</sup> Su sintonía con Werner en lo que respecta al origen de ciertos productos volcánicos es explicitada en un discurso pronunciado cuatro años después, en 1799, en la inauguración del nuevo curso de mineralogía: entre los auténticos productos volcánicos no se pueden incluir ni el basalto ni, por supuesto, lo que considera ser “el vidrio volcánico por excelencia”, es decir la obsidiana.<sup>70</sup> En esa misma fecha emprendía la primera parte de su largo recorrido intercontinental, la penúltima pieza clave en este rompecabezas, con quien Del Río habría de encontrarse en México, y tal vez discutir acerca del origen de la obsidiana: Alexander von Humboldt.

#### Alexander von Humboldt visita el Real Gabinete de Historia Natural en Madrid, asciende un volcán canario, intuye el origen de la obsidiana peruana y mexicana (1799)

En el último cuarto del siglo XVIII estalló en Europa una agria polémica entre dos escuelas de pensamiento radicalmente contrapuestas, que diferían acerca del principal factor en el devenir físico-químico de nuestro planeta. Los “plutonistas” o “vulcanistas” consideraban que los movimientos sísmicos y los volcanes son la mayor y más espectacular expresión del calor interno de la Tierra, que habría venido disminuyendo su intensidad desde una hipotética incandescencia inicial. Estos fenómenos habrían intervenido de manera progresiva y decisiva en la configuración terrestre, así como en la producción de ciertos materiales rocosos y mine-

<sup>67</sup> Río, *Elementos de Orictognosia, ó del Conocimiento de los Minerales*; Puche Riart y Ayala Carcedo, “La Orythología”, p. 96.

<sup>68</sup> Río, *Elementos de Orictognosia, ó del Conocimiento de los Fósiles*.

<sup>69</sup> Río, *Elementos de Orictognosia, ó del Conocimiento de los Minerales*, pp. 49-53.

<sup>70</sup> Río, “Discurso”, pp. 23-24. Diferencia el “chinapo”, tal vez del purépecha “tzinapu”, de la obsidiana encontrada en Zinapécuaro, la que se ha reconocido en la actualidad como un importante yacimiento de obsidiana.

rales, que podrían sufrir posteriores modificaciones o alteraciones debido a procesos erosivos, sedimentarios. Entre sus pioneros a mediados del siglo XVII se encuentra el sacerdote y naturalista italiano Antón Lazzaro Moro (1687-1764), parte de cuyas conclusiones serían retomadas a finales de siglo por James Hutton, quien creía que los estratos sedimentarios se habían alzado del lecho marino debido al calor interno de la Tierra. Una segunda etapa comienza a partir de las observaciones y el mapa geológico de Nicolás Desmarest (1725-1815) en el Macizo Central francés, siguiendo las impresiones de Jean-Étienne Guettard (1715-1786), que localizan rastros de una importante y extinta actividad volcánica en una zona en la que se suponía que nunca la hubo.

El punto de vista de los “neptunistas”<sup>71</sup> tuvo gran acogida en los territorios germanos y numerosos discípulos de Werner ocuparían cargos académicos destacados o posiciones en empresas mineras. En síntesis, consideraba que los minerales y rocas se originaron en un océano primigenio que habría cubierto toda la superficie del globo y de cuyas profundidades habría emergido progresivamente la corteza terrestre. Al retroceder las aguas se precipitarían los compuestos químicos en un orden preciso e inteligible para los iniciados en el reconocimiento estratigráfico que Werner enseñaba;<sup>72</sup> por último, se debe tener presente que algunas de estas sustancias minerales o rocosas podrían ser objeto de modificaciones puntuales.

En las argumentaciones se recurriría, en un número creciente, a muestras y formaciones geológicas, mediciones y recorridos sistemáticos de áreas volcánicas, activas o extintas. Así comenzaron a ser recogidas *in situ*, contextualizadas, analizadas y remitidas a gabinetes mineralógicos y museos de ciencias naturales rocas volcánicas como el basalto. Ésta fue la prueba en la que convergieron las disputas: la determinación de su origen, empleando un abanico de medios y sistemas interpretativos, permitiría confirmar la validez de cada teoría. El enconado debate acerca de la naturaleza acuática o volcánica del basalto ha sido considerado como ejemplo paradigmático del desencuentro en los albores de la Geología moderna.<sup>73</sup>

<sup>71</sup> En ocasiones llamados “wernerianos”, en referencia al profesor Abraham Werner, de la Escuela de Minería de Freiberg y su figura principal a finales del siglo XVIII.

<sup>72</sup> Para un acercamiento de mayor profundidad se puede consultar Hallam, “Neptunists”, pp. 1-29.

<sup>73</sup> Entre los numerosos artículos y secciones de obras especializadas, Newcomb, *The World in a Crucible*, pp. 153-170. Los dos capítulos precedentes se dedican al granito y al basalto, en éste se complementa el desarrollo del análisis químico de las muestra geológicas con el devenir de las interpretaciones particulares de científicos “neptunis-

Con estos precedentes, Alexander von Humboldt (1769-1859), miembro de una generación de pensadores y científicos que a partir de mediados del XVIII estudiaron la alta montaña desde una perspectiva científica y una filosofía y estética románticas,<sup>74</sup> tenía la intención declarada de completar los estudios geológicos realizados por La Condamine en la presidencia de Quito más de medio siglo antes. Era su pretensión, antes de la partida del Viejo Mundo, que el recorrido de los volcanes de los territorios españoles le permitiera “corroborar la hipótesis plutonista por la cual el vulcanismo no era únicamente un fenómeno local sino que, precisamente, las fuerzas internas del planeta eran capaces de generar también cadenas de montañas”, lo que supondría “continuos análisis de las muestras recogidas”, “recopilar información histórica acerca de temblores y fenómenos telúricos en general, y tratar de concluir la posible relación entre ellos”.<sup>75</sup> Su reconocimiento en persona de los volcanes de la Nueva España y de la presidencia de Quito y la recopilación de datos e información sobre los que no pudo visitar en la Capitanía General de Chile se realizan así desde una posición muy particular, comprobable en la descripción gráfica que hizo de algunos de ellos.

Humboldt, por otra parte, era un seguidor del “neptunismo”, según su maestro, el ya mencionado Abraham Gottlieb Werner (1749-1817), en las clases a las que asistió en la Academia de Minería de Freiberg. De acuerdo con Humboldt, fue el contacto directo con el vulcanismo activo lo que le permitió llegar con otra explicación para los procesos que regían los volcanes y los paisajes que conformaban de los largos y a veces catastróficos, a veces imperceptibles, procesos geológicos.<sup>76</sup> En ese cambio de postura, la obsidiana puede considerarse fundamental,<sup>77</sup> como veremos.

En Madrid, a la espera del salvoconducto real que le permitiera emprender el viaje, Humboldt entró en contacto en 1799 con científicos y

tas” y “vulcanistas”. En cuanto al estudio de los materiales, hasta el primer tercio del siglo XIX, Young, *Mind over magma*, pp. 16-140.

<sup>74</sup> Gohau, *A History of Geology*, p. 76; Moreno Yáñez y Borchart de Moreno, “Los Andes ecuatoriales”.

<sup>75</sup> Sunyer Martin, “Humboldt en los Andes”. Un resumen de las actividades en Ordoñez Delgado, “Aspectos geológicos”, pp. 177-199.

<sup>76</sup> Bowler y Morus, *Making Modern Science*, p. 112; Leddra, *Time Matters*, p. 46.

<sup>77</sup> A partir de las condiciones de formación de la obsidiana en las islas Canarias, cordilleras de Quito y volcanes mexicanos, considera que ésta tuvo un origen volcánico, uno de los puntos de inflexión en su cambio de opinión sobre la primacía del “neptunismo”, en Humboldt y Bonpland, *Personal Narrative*, pp. 225-226; Humboldt, *Cosmos*, pp. 447-451.

especialistas, en su mayoría vinculados al Real Gabinete de Historia Natural, que le dieron acceso a colecciones mineralógicas públicas y quizá privadas, documentación referente a los trayectos que habría de seguir y contactos al otro lado del océano.<sup>78</sup> Así, se reunió con el canario José Clavijo y Fajardo (1726-1806), director *de facto* del Real Gabinete, a quien enviará especímenes minerales del Nuevo Mundo; con Louis-Joseph Proust (1754-1826), cuyos análisis químicos alaba, y con Christian Herrgen (1765-1816), al cuidado de las colecciones geológicas, con quien conversa sobre sustancias minerales americanas.<sup>79</sup> Se observa entre los resultados de la afinidad y la generosidad del intercambio de opiniones que en el primer número de los *Anales de Historia Natural*, la publicación científica oficial del Real Gabinete, se anuncia el envío de un muestrario de rocas volcánicas provenientes del Pico del Teide en Tenerife,<sup>80</sup> el emplazamiento en el que Humboldt habría tenido su primer cambio de entendimiento respecto del neptunismo. Herrgen, a la espera de los especímenes, no dejará de teorizar acerca de la formación de la obsidiana, y anuncia que pudo haber tenido un origen mixto: “húmedo”, de acuerdo con la información aportada por Luis Neé (1734-1803), compañero del malogrado Antonio Pineda, recogida en México, o “seco”, según las cartas remitidas por el propio sabio germano a partir de su experiencia en el Teide.<sup>81</sup> Al otro lado del océano, en la ciudad de México, como hemos mencionado, el profesor Del Río se oponía de manera vehemente al origen volcánico de la obsidiana.

El primer volcán que pudo reconocer Humboldt tras dejar atrás el continente europeo en su expedición americana fue uno en el océano Atlántico, el Pico del Teide (Canarias), durante el verano de 1799. Proseguido el viaje y días después de haber entrado en contacto con el Nuevo Mundo, remitirá al prestigioso *Journal de Physique* galo una misiva narrando su experiencia en la isla y los estudios realizados:<sup>82</sup> además de recorrer los

<sup>78</sup> Rebok y Fernández Bueno, “Alexander von Humboldt”; Rebok, *Una doble mirada*.

<sup>79</sup> Puig-Samper, “La estancia de Humboldt en España”, p. 70-71. Herrgen era un férreo defensor de la obsidiana como producto volcánico: Widenmann, *La orictognosia*, p. 449. Otro seguidor de Werner, compañero de estudios de Humboldt en Freiberg, que pasaría a ideas vulcanistas fue Leopold von Buch; de relevancia fueron sus investigaciones en las islas Canarias, posteriores a las de Humboldt.

<sup>80</sup> *Anales de Historia Natural*, octubre de 1799, núm. 1, Imprenta Real, Madrid, p. 125.

<sup>81</sup> *Anales de Historia Natural*, septiembre de 1800, núm. 5, Imprenta Real, Madrid, pp. 171-172.

<sup>82</sup> Humboldt, unos días después de desembarcar en el Nuevo Mundo, parece reconocer su cambio de ideas sobre el origen de la obsidiana. Humboldt, “Lettre”, p. 435.

jardines botánicos de La Orotava, de emplazar de manera más precisa la longitud de Santa Cruz de Tenerife, de llevar a cabo mediciones astronómicas, de analizar la atmósfera, de observar una flora y una fauna particulares, uno de los principales objetivos de su estancia era el reconocimiento del Teide, en una isla sacudida el año anterior por un notorio estallido volcánico. En la cima del Teide, cuya altura midió disminuyendo su elevación respecto a la que se tenía por cierta, se encontró con algunas formaciones litológicas peculiares en las que la obsidiana, una roca o piedra para entonces de controvertido origen físico, tenía una participación destacada. A partir del estudio de los componentes externos de la obsidiana, recogida en su lugar de origen, de su caracterización química básica en la relación que mantenía con otros materiales y su inserción en las secuencias que mostraban el desarrollo histórico de la actividad volcánica, Humboldt pudo contraponer sus estudios con la opinión de Werner, quien no había visitado nunca un área volcánica y la consideraba no un material volcánico,<sup>83</sup> sino producto de la combustión del derretimiento de rocas estratificadas por la quema del carbón,<sup>84</sup> que es, en realidad, el origen del calor interno que produce la actividad de los volcanes. Si bien mantuvo una defensa de los estudios stratigráficos que propugnaba su mentor, a su vuelta a Europa, elaborando los materiales y anotaciones recogidos en su periplo por el Nuevo Mundo, descartaría por completo las tesis “neptunistas” y “catastrofistas”. A pesar de todo ello, sus escritos sobre los volcanes americanos tuvieron en Europa una amplia repercusión en la primera década del siglo XIX.<sup>85</sup>

Más adelante, Humboldt trataría a científicos y mineros americanos, conocería montañas y volcanes, visitaría gabinetes y museos, seguiría investigando, redactando y experimentando. Los “neptunistas” y “vulcanistas” (no sólo europeos, como hemos visto), apoyándose en sus datos y mediciones en el Nuevo Mundo, seguirían discutiendo acerca de la importancia y la naturaleza del basalto y la obsidiana. Las interpretaciones de ambas líneas de pensamiento, en sus diversas y particulares variantes, comenzaron a perder fuerza ante la tesis principal expuesta por el británico Charles Lyell (1797-1875) en *Principles of Geology*,<sup>86</sup> donde se recuperan y perfilan ideas claves de Hutton sobre unos principios rectores generales para la interpretación de la realidad geológica. En síntesis, Lyell proponía que los procesos geológicos que dieron forma

<sup>83</sup> Young, *Mind over Magma*, p. 105.

<sup>84</sup> Oldroyd, *Thinking*, p. 196.

<sup>85</sup> Gerbi, *The Dispute*, pp. 406-407.

<sup>86</sup> Lyell, *Principles*.

física a la Tierra a lo largo de un periodo enorme, aunque medible, continúan con la misma intensidad que en el pasado, con un ritmo acompasado. Aunque puedan darse fenómenos de gran impacto geológico, hay que contar con la erosión como un elemento importante que modela la superficie terrestre, en un curso de acontecimientos sin un fin determinado; por lo tanto, ni los fósiles marinos habían llegado a las montañas mediante periódicos diluvios o desbordamientos de los mares, ni la presión y el calor interno de la Tierra fueron los únicos agentes responsables de los minerales.<sup>87</sup> En ciertos aspectos, Lyell acepta elementos de Hutton y de la Escuela Geológica de Edimburgo provenientes de la década de los treinta del siglo XVIII.<sup>88</sup>

### Conclusiones

En el siglo XVIII, como posible objeto de interés para el estudio de la Tierra, la obsidiana tuvo una circulación a través de diferentes unidades políticas, ámbitos territoriales y disciplinas del conocimiento. Se ha mencionado a algunos de sus principales prospectores, intermediarios, y receptores últimos. Como aportación americana al debate litológico, con implicaciones para la Geología, se puso en contacto el conocimiento clásico y en desarrollo de los volcanes de Italia con dos zonas de transición (Islandia y Canarias) y con áreas del sur y el norte de América. No obstante, el entramado de científicos y especialistas peninsulares y americanos que participaron en estos procesos, a pesar de figurar en obras consideradas como clásicas en la Geografía y la Geología, se fue difuminando en Europa o es omitida. Sin embargo, se emplearon o estudiaron las pruebas remitidas por los sabios hispanos y los datos que aportaron, incluidas su relación con otros materiales geológicos y

<sup>87</sup> En Lyell, *Principles*, pp. 55-75, se muestra el enfrentamiento entre los “vulcanistas”, con Hutton como su principal representante, y los “neptunistas”, liderados por el profesor Werner, y se descalifica a ambos por sus ideas y actitud: “In opposition to this mass of evidence, the scholars of Werner were prepared to support his opinions to their utmost extent, maintaining in the fulness of their faith that even obsidian was an aqueous precipitate”: Lyell, *Principles*, vol. I, p. 60, lo que explicita en su definición de la obsidiana: “a volcanic product, or species of lava”: Lyell, *Principles*, vol. III, p. 75. Sobre las ideas principales del segundo volumen, su repercusión inmediata, véase Rudwick, *Worlds before Adam*, pp. 354-360, 362-368. Del mismo autor se puede consultar en Blundell y Scott, *Lyell: the Past is the Key*, pp. 3-15.

<sup>88</sup> Berggren, “The Cenozoic Era”, p. 112.



las nociones acerca de su estratigrafía, altitud, o posible inclusión en sistemas volcánicos.<sup>89</sup>

No es, por lo tanto, un problema respecto de la acumulación, difusión y gestión de la información en los territorios de cultura española, que reciben noticias sobre los avances en la Geología y el estudio de los volcanes europeos (acceso a traducciones fiables, publicaciones de entidades de prestigio, opiniones de mineralogistas de autoridad). Posiblemente intervengan factores políticos y culturales en las discontinuidades de la ciencia del mundo hispano, debido a las radicales transformaciones políticas del nuevo siglo y, en especial, al modelo interpretativo empleado para la circulación de prácticas y objetos del conocimiento científico en áreas extraeuropeas en la época colonial. En el nuevo panorama, el reconocimiento del papel de los intermediarios, los guías sobre el terreno, en la transmisión y apropiación de objetos y datos, las prácticas científicas y especializadas locales y regionales, el apoyo en otras disciplinas (como la arqueología, la antropología o la etnografía) se vuelven cruciales para el historiador.<sup>90</sup> Tal vez se pueda comenzar a formular la importancia de las rocas, las imágenes, los informes de los volcanes del Nuevo Mundo en los gabinetes de mineralogía y de los geólogos de Europa, las actividades de quienes, bajo otros nombres, reconocieron la llamada obsidiana en sus emplazamientos americanos, de quienes la recolectaron y la estudiaron y participaron en su remisión a Europa, con sus propias ideas sobre el origen de los volcanes y su importancia en el génesis de la Tierra. Si se consideraran las conexiones desde la historia atlántica<sup>91</sup> o continental (entre el sur y el norte de América) y regional (por ejemplo, entre Lima y Quito, o Guadalajara y Morelia y la capital de México) entre tales personajes, tal vez sea posible encajar la pieza del Nuevo Mundo en los estudios de finales del siglo XVIII de los volcanes del Atlántico, Islandia y el Mediterráneo.

<sup>89</sup> Como defiende Luz Fernanda Azuela al iniciar una investigación de la Geología mexicana del último tercio del siglo XIX a principios del XX desde la Historia de la Ciencia profesional. Azuela, *De las minas*, pp. 23, 64.

<sup>90</sup> Dos artículos introductorios para una creciente bibliografía dentro del marco de la Historia atlántica: Safier, "Global Knowledge", pp. 133-145; Safier, "Itineraries", pp. 357-364.

<sup>91</sup> El Atlántico y su entorno podrían ser el marco para estudiar la circulación y el intercambio de materiales, ideas, personas, prácticas, y que podrían ser ejemplificados en este artículo. Greene y Morgan (ed.). *Atlantic History*, p. 3.

## Bibliografía

Aruta Stampacchia, Annalisa

“Le mot ‘volcan’ et ses dérivés entre nature et politique: une proposition de lecture diachronique d’après les dictionnaires (XVII-XVIII-XIX-XXE siècles)”, *Nature et Politique: logique des métaphores telluriques*, Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise Pascal, 2005, pp. 59-72.

Azuela, Luz Fernanda

*De las minas al laboratorio: la demarcación de la Geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.

Berggren, William A.

“The Cenozoic Era: Lyellian (Chrono) Stratigraphy and the Nomenclatural Reform at the Millennium”, en D.J. Blundell y A.C. Scott (ed.), *Lyell: The Past is the Key to the Present*, Londres y Chicago, The Geological Society, 1998, pp. 111-132.

Blundell, Derek J. y Andrew C. Scott (ed.)

*Lyell: the Past is the Key to the Present*, Londres y Chicago, The Geological Society, 1998.

Bowler, Peter J. e Iwan Rhys Morus

*Making Modern Science: A Historical Survey*, Londres, The University of Chicago Press, 2005.

Cabello Carro, Paz

*Coleccionismo americano indígena en la España del siglo XVIII*, Madrid, Ediciones de Cultura Hispánica, Agencia Española de Cooperación Internacional, 1989.

Calatayud Harinero, María de los Ángeles

*Catálogo crítico de los documentos del Real Gabinete de Historia Natural*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, vol. I, 1752-1786, 1987; vol. II, 1787-1815, 2000; vol. III, 1816-1845, 2003.

Capel, Horacio

“Organicismo, fuego interior y terremotos en la ciencia española del XVIII”, *Cuadernos Críticos de Geografía Humana*, Universidad de Barcelona, año XII, núm. 27-28, 1980, pp. 1-94.

Caylus, M. de

“Examen d’un Passage de Pline dans lequel il est Question de la Pierre Obsidienne”, *Mémoires de Littérature, tirés des registres de l’Académie Royale des Inscriptions et Belles-Lettres*, vol. 30, 1764, pp. 457-502.

Chester, Roy

*Furnace of Creation, Cradle of Destruction*, Londres, AMACOM, 2008.

- Cobean, Robert H.  
*Un mundo de obsidiana: minería y comercio de un vidrio volcánico en el México antiguo/A World of Obsidian: The Mining and Trade of a Volcanic Glass in Ancient Mexico*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, University of Pittsburgh, 2002.
- Condamine, M. de la  
*Mesure des Trois premiers degrés du Méridien dans l'Hémisphere austral*, París, L'Imprimerie Royale, 1751.
- Darras, Véronique  
 “Economía y poder: la obsidiana entre los tarascos del Malpaís de Zacapu (fase Milpillas, 1200 a 1450 dC), Michoacán, México”, en *Reflexiones sobre la industria lítica*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2005, pp. 243- 298.
- Daston, Lorraine  
 “The Coming into Being of Scientific Objects”, en Lorraine Daston (ed.), *Biographies of Scientific Objects*, Chicago y Londres, The University of Chicago Press, 2000, pp. 1-13.
- Ellenberger, François  
*History of Geology*, vol. II, Róterdam, A. A. Balkelma, 1999.
- Esparza, Rodrigo y Carlos Ponce Ordaz  
 “La obsidiana en el contexto arqueológico de los Guachimontones, Teuchitlán, Jalisco”, en Eduardo Williams, Phil C. Weigand *et al.*, *El Antiguo Occidente de México. Nuevas perspectivas sobre el pasado prehispánico*, Zamora, El Colegio de Michoacán, 2005, pp. 145-170.
- Estrella, Eduardo, Eduardo Pimentel Igea y María Dolores Higuera Rodríguez (eds.)  
*La Expedición Malaspina, 1789-1794*, t. VIII, *Trabajos zoológicos, geológicos, químicos y físicos en Guayaquil de Antonio Pineda Ramírez*, Madrid, Ministerio de Defensa, Museo Naval, Lunwerg, 1996.
- Faujas de Saint-Fond, Barthélemy  
*Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*, Grenoble, Chez Joseph Cuchet, Imprimeur-Libraire de Monseigneur le Duc d'Orléans, Sa París, Chez Nyon aîné, Libraire-Née et Masquelier, 1778.
- Faujas de Saint-Fond, Barthélemy  
*Minéralogie des volcans*, Grenoble, Chez Cuchet, 1784.
- Felice, Fortunato Bartolomeo de (ed)  
*Encyclopédie, ou Dictionnaire Universel Raisonné des Connoissances Humaines*, t. XXXIII, Yverdon, 1774.

- Galera Gómez, Andrés  
*La ilustración española y el conocimiento del Nuevo Mundo*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro de Estudios Históricos, Madrid, 1988.
- Galera Gómez, Andrés  
 “La aportación científica de la Expedición Malaspina a la Historia Natural”, *Asclepio*, xxxix, núm. 2, 1987, pp. 85-102.
- García Acosta, Virginia  
*Los sismos en la historia de México: el análisis social*, t. II, México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1996.
- Gerbi, Antonello  
*The Dispute of the New World. The History of a Polemic, 1750-1900*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2010 [1955].
- González Claverán, Virginia  
*La expedición científica de Malaspina en Nueva España, 1789-1794*, México, El Colegio de México, 1993.
- Gohau, Gabriel  
*A History of Geology*, Piscataway, Rutgers University Press, 1990.
- Hallam, A.  
 “Neptunists, Vulcanists, and Plutonists”, *Great Geological Controversies*, Nueva York, Oxford University Press, 1992 [reimpresión].
- Hamilton, Sir William  
*Campi Phlegraei: Observations on the Volcanoes of the Two Sicilies...*, vol. I y II, Nápoles, Petrus Fabris, 1776; vol. III, 1779.
- Humboldt, Alexander von  
*Cosmos: A Sketch of a Physical Description of the Universe*, vol. V, Nueva York, Harper & Brothers Publishers, 1860.
- Humboldt, Alexander von  
 “Lettre d’Alexandre Humboldt a J. C. Delamétherie”, *Journal de Physique, de Chimie, d’Histoire Naturelle et des Arts*, t. 49, 1799, pp. 433-436.
- Humboldt, Alexander von y Aimé Bonpland  
*Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of the New Continent, During the Years 1799-1804*, vol. I [Tercera Edición], Londres, Longman, Hurst, Rees, 1822.
- Ibañez, Victoria (ed.)  
*Trabajos científicos y correspondencia de Tadeo Haenke*, Madrid, Lunberg, 1992.
- Jiménez Donoso, Isaac  
 “Vulcanismo y cultura filipina en el siglo XVIII”, *Cuadernos Dieciochistas*, núm. 7, 2006, pp. 141-167.

- Juan, Jorge y Antonio de Ulloa  
*Relación Histórica del Viage hecho de Orden de S. Mag. a la America Meridional*, Primera parte, tomo segundo, Madrid, Antonio Marín, 1748.
- Juan, Jorge y Antonio de Ulloa  
*Noticias secretas de América*, edición a cargo de Luis Ramos Gómez, Madrid, Dastin Historia, 2002.
- Juan, Jorge y Antonio de Ulloa  
*Carta de la Meridiana medida en el Reyno de Quito de Orden del Rey Nuestro Señor para el conocimiento del Valor de los Grados Terrestres, y figura de la Tierra, por...*, Madrid, Antonio Marín, 2010.
- Krafft, Maurice  
*Les Feux de la Terre, histoire de volcans*, París, Gallimard, 2003 [1ª ed.1991].
- Laudan, Rachel  
*From Mineralogy to Geology. The Foundations of a Science, 1650-1830*, Londres, The University of Chicago Press, 1987.
- Lafuente, Antonio  
 "Enlightenment in an imperial context. Local science in the late eighteenth-century Hispanic World", *Osiris*, vol. 15, 2000, pp. 155-173.
- Lafuente, Antonio y Antonio Mazuecos  
*Los caballeros del Punto Fijo: ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al Virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Madrid, Cerbal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1987.
- Leddra, Michael  
*Time Matters: Geology's Legacy to Scientific Thought*, Wiley, Blackwell, 2010.
- Lockwood, John P. y Richard W. Hazlett  
*Volcanoes: Global Perspectives*, Wiley, Blackwell, 2010.
- Lucena Giraldo, Manuel y Juan Pimentel Igea  
*Los axiomas políticos sobre América de Alejandro Malaspina*, Aranjuez, Doce Calles, 1991.
- Lunazzi, J. J.  
 "Óptica precolombina del Perú", *Revista Cubana de Física*, vol. 24, 2007, pp. 170-174.
- Lyell, Charles  
*Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by References to Causes Now in Operation*, Londres, John Murray, 1830-1833, vol. I, II y III.
- Martínez de Pisón, E., C. Romero Ruiz et al.,  
*Volcanes de papel. Exposición bibliográfica*, Tenerife, Universidad de La Laguna, 2011.

Menichetti, Marco

“The Geological Perspective of Italy and Chile, by Abbot Juan Ignacio Molina, Between the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> Centuries”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 68, núm. 3, septiembre de 2011, pp. 464-478.

Moreno Yáñez, Segundo E. y Christiana Borchart de Moreno

“Los Andes ecuatoriales: entre la estética y la ciencia. Las catorce láminas relativas al Ecuador en la obra *Vues des Cordillères et monumens des peuples indigènes de l'Amérique* de Alexander von Humboldt”, *HiN*, xi, núm. 20, 2010, pp. 42-76.

Navarro Brotons, Victor y Eamon William

“Spain and the Scientific Revolution: Historiographical Questions and Conjectures”, en V. Navarro Brotons y E. William (ed.), *Más allá de la “leyenda negra”: España y la revolución científica*, Valencia, Instituto de Historia de la Ciencia y la Documentación López Piñero, Madrid, Universidad de Valencia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007, pp. 27-38.

Newcomb, Sally

*The World in a Crucible: Laboratory Practice and Geological Theory at the Beggining of Geology*, Boulder, The Geological Society of America, 2009.

Oldroyd, D.R.

*Thinking about the Earth: A History of Ideas in Geology*, Londres, The Athlone Press, 1996.

Olmi, Giuseppe

“Science-Honour-Metaphor: Italian Cabinets of the Sixteenth Century”, en Oliver Impey y Arthur MacGregor (ed.), *The Origins of Museums. The Cabinets of Curiosities in Sixteenth and Seventeenth-Century Europe*, Poughkeepsie, House of Stratus, 2001, pp. 5-16.

Ordoñez Delgado, Salvador

“Aspectos geológicos del viaje por Iberoamérica (1799-1804)”, en Mariano Cuesta Domingo y Sandra Rebok (coord.), *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano*, Madrid, Real Sociedad Geográfica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2008, pp. 177-199.

Pastrana Cruz, Alejandro

*La distribución de la obsidiana de la Triple Alianza en la cuenca de México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2007.

Petersen, Georg

*Mining and Metallurgy in Ancient Perú*, Boulder, The Geological Society of America, 2010.

Petit-Breuilh Sepúlveda, María Eugenia

*La historia eruptiva de los volcanes hispanoamericanos. Siglos XVI al*



xx, San Juan del Puerto, Servicio de Publicaciones del Cabildo Insular de Lanzarote, 2004.

Pimentel, Juan

*Viajeros científicos: tres grandes expediciones al Nuevo Mundo: Jorge Juan, Mutis, Malaspina*, Madrid, Nivola, 2001.

Pimentel, Juan

*El rinoceronte y el megaterio. Un ensayo de morfología histórica*, Madrid, Abada Editores, 2010.

Pimentel, Juan

“The Iberian Vision: Science and Empire in the Framework of a Universal Monarchy, 1500-1800”, *Osiris*, 2<sup>nd</sup> Series, vol. 15, *Nature and Empire: Science and the Colonial Enterprise*, Chicago, University of Chicago Press, 2000, pp. 17-30.

Puche Riart, O. y F.J. Ayala Carcedo

“La ‘Orygthología’ de Juan José Elhúyar (1754-1796) y la ‘Oritognosia’ de Andrés Manuel del Río (1764-1849), primeros tratados geológicos escritos por españoles en América”, *Boletín Geológico y Minero*, vol. CIV, núm. 1, 1993.

Puig-Samper, Miguel Ángel

“Antonio de Ulloa, naturalista”, en M. Losada y C. Varela (ed.), *Actas del Segundo Centenario de don Antonio de Ulloa*, Escuela de Estudios Hispano-Americanos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Archivo General de Indias, 1995, pp. 97-123.

Puig-Samper, Miguel Ángel

“La estancia de Humboldt en España”, en Mariano Cuesta Domingo y Sandra Rebok (coord.), *Alexander von Humboldt. Estancia en España y viaje americano*, Madrid, Real Sociedad Geográfica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2008, pp. 69-84.

Rapp, George

*Archaeomineralogy*, Berlín-Heidelberg, Springer-Verlag, 2009.

Rappaport, Rhoda

“The Earth Sciences”, en Roy Porter (ed.), *The Cambridge History of Science*, vol. IV. *The Eighteenth-Century Science*, Cambridge, Cambridge University Press, edición digital 2008 [1<sup>a</sup> ed. 2003], pp. 419-436.

Rebok, Sandra

*Una doble mirada. Alexander von Humboldt y España en el siglo XIX*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2009.

Rebok, Sandra y Marta Fernández Bueno

“Alexander von Humboldt: su estancia en España y su gran expedición americana”, *Enlaces*, núm. 5, 2006, consultado en <http://www.cesfepipesegundo.com/revista/articulos2006/art05.pdf>

- Río, Andrés Manuel del  
*Elementos de Orictognosia o del Conocimiento de los Minerales, dispuestos según los principios de A. G. Werner, para el uso del Real Seminario de Minería de México, Primera Parte, que comprende las Tierras, Piedras y Sales*, México, D. Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1795.
- Río, Andrés Manuel del  
*Elementos de Orictognósia, ó del Conocimiento de los Fósiles, según el sistema de Berzelio; y según los principios de Abraham Góttlob Wérner, con la sinonimia Inglesa, Alemana y Francesa, para uso del Seminario Nacional de Minería de México, Parte Práctica*, Filadelfia, Imprenta de Juan F. Hurtel, 2ª ed., 1832.
- Río, Andrés Manuel del  
“Discurso sobre los volcanes, leído en el Real Seminario de Minería de México”, suplemento a la *Gaceta de México*, lunes 11 de noviembre de 1799, t. x, núm. 3, pp. 23-24.
- Rodríguez de la Torre, Fernando  
“Bibliografía española sobre geología, paleontología, piedras, minerales y vulcanismo (años 1733-1808)”, *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, núm. 30, noviembre de 2007, pp. 4-7.
- Rosenberg, Gary D.  
“Introduction: The Revolution in Geology from the Renaissance to the Enlightenment”, en Gary D. Rosenberg (ed.), *The revolution in Geology from Renaissance to the Enlightenment*, Boulder, The Geological Society of America, 2009, pp. 1-9.
- Rudwick, Martin J. S.  
*Bursting the Limits of Time: the Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*, Chicago y Londres, The University of Chicago Press, 2005.
- Rudwick, Martin J. S.  
“Geological Travel and Theoretical Innovation: The Role of ‘Liminal’ Experience”, *Social Studies of Science*, vol. 26, núm. 1, 1996, pp. 7-17.
- Rudwick, Martin J. S.  
“Picturing Nature in the Age of Enlightenment”, *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 149, núm. 3, septiembre de 2005, pp. 295-302.
- Rudwick, Martin J. S.  
*Worlds before Adam. The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform*, Chicago y Londres, The University of Chicago Press, 2008.
- Safier, Neil  
“Global Knowledge on the Move: Itineraries, Amerindian Narratives,

and Deep Histories of Science”, *Isis*, vol. CI, núm. 1, marzo de 2010, pp. 133-145.

Safier, Neil

“Itineraries of Atlantic Science. New Questions, New Approaches, New Directions”, *Atlantic Studies: Literary, Cultural and Historical Perspectives*, vol. 7, núm. 4, 2010, pp. 357-364.

Seiner Lizarrága, Lizardo

*Estudios de historia medioambiental. Perú, siglos XVI-XX*, Lima, Fondo de Desarrollo Editorial, Universidad de Lima, 2002.

Sequeiros, Leandro (coord.)

*Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, núm. 22, número extra: *Bibliografía Básica de Historia de la Geología de España*, Granada, Sociedad Geológica Española, diciembre de 2003.

Sigurdsson, Haraldur

*Melting the Earth: the History of Ideas on Volcanic Eruptions*, Oxford, Oxford University Press, 1999.

Sunyer Martín, Pere

“Humboldt en los Andes de Ecuador. Ciencia y romanticismo en el descubrimiento científico de la montaña”, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, núm. 58, 15 de febrero de 2000, pp. 177-199.

Greene, Mott T.

“Geology”, en P.J. Bowler y J.V. Pickstone (ed.), *The Cambridge History of Science*, vol. VI, *The Modern Biological and Earth Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, edición digital 2009 [1ª ed. 2008], pp. 167-184.

Trivellato, Francesca

“Is There a Future for Italian Microhistory in the Age of Global History?”, *California Italian Studies*, vol. 2, núm. 1, enero de 2011, consultado en <https://escholarship.org/uc/item/0z94n9hq>

Udía Vallina, Agustín

“Los jesuitas y la Geofísica”, *Tierra y Tecnología: Revista de información geológica*, núm. 35, 2009, pp. 57-66.

Unanue, Hipólito

“Elogio histórico del señor don Antonio de Pineda y Ramírez”, *Mercurio Peruano*, Lima, t. IX, núm. 281, 12 de septiembre de 1793, pp. 20-29.

Vaccari, Ezio

“Volcanic Travels and the Development of Volcanology in 18<sup>th</sup> Century Europe”, *Proceedings of the California Academy of Sciences*, cuarta serie, vol. 59, sup.1, núm.3, 2008, pp. 37-50.

Vaccari, Ezio

“The Organized Traveller: Scientific Instructions for Geological Travels in Italy and Europe during the Eighteenth and Nineteenth Centuries”, en P.N. Wyse Jackson (ed.), *Four Centuries of Geological Travel*, Special Publications, núm. 287, Londres, Geological Society, 2007, pp. 7-17.

Valmont de Bomare Jacques-Christophe

*Dictionnaire Raisonné Universel d'Histoire Naturelle*, t. iv, París, 1764.

Varios autores

*La Expedición Malaspina, 1789-1794*, Barcelona, Museo Naval y Ministerio de Defensa, Lunwerg, tt. 1 a 9, 1987 a 1999.

Widenmann, Johann Friedrich Wilhelm

*La orictognosia* (trad. de Don Christiano Herrgen), Madrid, Imprenta Real, 1797.

Wyse Jackson, Patrick N.

“Il Catalogo delle lave di Robert Mallet conservato al Trinity College di Dublino”, en Graziano Ferrari (ed.), *Fonti e Studi su Robert Mallet e sui Caratteri Geodinamici dell'area Lucana*, Bolonia, SGA, 2007, pp. 95-170.

Wyse Jackson, Patrick N.

“Geological Museums and their Collections: Rich Sources for Historians of Geology”, *Annals of Science*, vol. lvi, núm. 4, 1999, pp. 417-431.

Young, Davis A., *Mind over magma. The Story of Igneous Petrology*, Princeton, Princeton University Press, 2003.

Recibido: 18/12/2013. Aceptado: 23/03/2015