

Villalba, E. (2007). 5. Evolución del conocimiento geológico de Tenerife. En Afonso-Carrillo, J. (Ed.), *Reflexiones sobre una naturaleza en constante evolución*. pp. 129-155. Actas de la II Semana Científica Telesforo Bravo. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. ISBN: 978-84-611-8957-1.

5. Evolución del conocimiento geológico de Tenerife

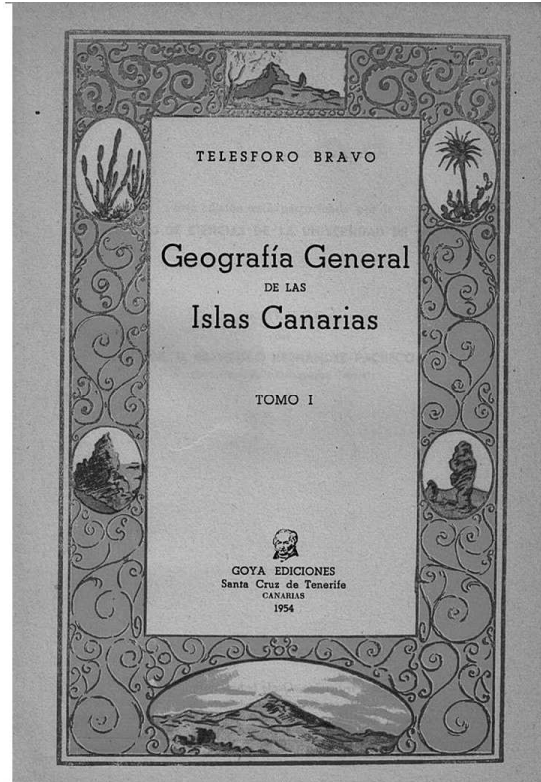
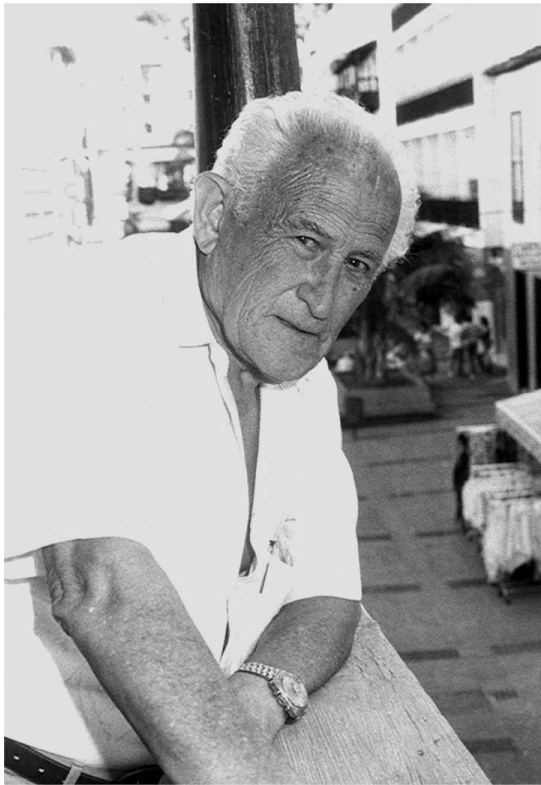
Eustaquio Villalba

Catedrático de Geografía e Historia.

Cuando Jaime Coello Bravo me llamó para proponerme participar en la Semana Telesforo Bravo me dio una gran alegría. Don Telesforo marcó mi vida profesional, él fue quién, en sus clases de Geografía de Canarias en la facultad de Historia, me inculcó el interés por el conocimiento de las islas. Gracias a sus amenas y distendidas clases comencé a entender los paisajes canarios, no sólo desde la perspectiva del geólogo, también desde la de un geógrafo, un historiador, un etnógrafo... Eran tales sus conocimientos y erudición que, sin apabullarnos, nos abrió nuevas perspectivas en nuestra formación como geógrafos.

Considerar a don Telesforo geógrafo no es un reconocimiento a su saber enciclopédico, es un título que mereció desde que publicó en 1953 el primer tomo de su Geografía de Canarias. Desgraciadamente, sólo publicó los dos primeros, pero dejó, con el estilo de los grandes geógrafos de su época, el mejor análisis de los paisajes canarios de los años cincuenta y contiene una brillante y amena exposición del estado del conocimiento científico de la naturaleza canaria en aquellos años. Precisamente, fue con esta obra donde nació mi interés por conocer cómo se ha interpretado históricamente el relieve, un elemento clave del paisaje geográfico sobre el cual se desarrollan los otros elementos presentes en el territorio.

Erupciones volcánicas, volcanes, campos de lavas, calderas de todo tipo, inhiestos roques, profundos tajos..., son formas del relieve que podemos observar en las islas. En algunos casos son el resultado directo de su naturaleza volcánica. Paisajes "fabricados" en pocos minutos, días, meses



Don Telesforo en el balcón de su casa en el Puerto de la Cruz y portada de la primera edición de su *Geografía de Canarias*.

o, excepcionalmente, años. Estos lugares quedan como una imagen congelada en el tiempo de las formas producidas por los últimos estertores de una erupción o de cualquier otro acontecimiento geológico de los que han afectados al archipiélago. Otras áreas insulares, hace mucho tiempo que no se han visto afectadas por la actividad volcánica y, en ese caso, los agentes erosivos, especialmente la escorrentía, han ido esculpiendo las rocas, excavando barrancos y rellenando con sus arrastres las zonas deprimidas. No son dos fisiografías separadas, por el contrario, ambos paisajes pueden aparecer imbricados y antiguas superficies modeladas por la erosión quedan cubiertas por los materiales de un nuevo ciclo eruptivo. Un mundo difícil de interpretar y explicar.

La comprensión histórica de los paisajes canarios refleja a la perfección los avatares del progreso de las ciencias de la tierra. El hecho de haberse convertido las islas en etapa obligada a los nuevos mundos, facilitó que los más relevantes científicos la visitaran y las incluyeran en sus investigaciones. Científicos de la talla de Fèuillé, Bordas, Cook, Bomplant, Humboldt, A. von Buch, Christian Smith, Darwin, Lille, Hartung, Webb y Berthelot, Haeckel, etcétera, etcétera, se interesaron por las islas y su naturaleza. Pero no han sido únicamente extranjeros los que han aportado

avances en la explicación de la naturaleza canaria. Relevantes españoles, muchos naturales de las islas, han desempeñado un papel clave en este aspecto, desde el siglo XXVIII. Entre ellos se encuentra el más brillante representante de la Ilustración en las islas Viera y Clavijo. Personajes de gran relevancia como Clavijo y Fajardo, Escolar, Osuna y Saviñón, Chil y Naranjo... Destaca en esta larga lista Telesforo Bravo y sus aportaciones al conocimiento científico de las islas, es el máximo exponente de los naturalistas canarios del siglo XX. De hecho, se puede establecer sus aportaciones como la divisoria entre las "viejas" explicaciones y las actuales teorías científicas sobre la formación del relieve de las islas.

La bibliografía de Bravo deja clara la evolución del conocimiento científico así, en su geografía de Canarias, asume las hipótesis vigentes en su época, y revela la influencia que sobre él ejerció su maestro el geólogo finlandés Hausen, un hombre fundamental en la historia de la geología de Canarias. En 1962 Telesforo publicó un artículo que cambiará definitivamente muchas de las explicaciones que existían sobre la evolución de las formas del relieve. Este trabajo, aunque denostado, incluso ridiculizado durante años por otros científicos, ha sido la piedra angular sobre la que se ha apoyado la investigación moderna y que ha tenido como resultado la incorporación de una teoría revolucionaria en la explicación de las grandes calderas volcánicas y otros fenómenos asociados.

La evolución del conocimiento geológico de las islas la he dividido en dos partes, la primera abarca desde las primeras descripciones del relieve de las islas en el siglo XVI hasta los años sesenta del siglo XX. Durante este largo periodo se produce un lento, pero continuo, progreso del conocimiento. A partir de esos años se produce una auténtica eclosión de los estudios geológicos y geográficos que cambiarán radicalmente el estado del conocimiento científico del variado relieve insular.

Evolución histórica del conocimiento geológico de Tenerife

Los antecedentes

Los primeros documentos que conocemos de las islas ya destacan su carácter volcánico y nos dan las primeras descripciones de sus paisajes. Aunque no son, ni pretenden serlo, explicaciones científicas, si ponen en evidencia el impacto que los paisajes insulares causaron en los primeros europeos que conocieron las islas en los albores del Renacimiento. A mediados del siglo XVI un comerciante inglés establecido en las islas atraído por la riqueza del azúcar, Thomas Nichols, publicó un opúsculo en el que describe las islas y, a diferencia de los cronistas de la conquista, este comerciante escribe un precedente de una guía para visitantes. Este inglés trató de resumir los aspectos que consideraba más característicos del archipiélago y que pudieran interesar al posible viajero. Aunque no dedica

mucho espacio a los paisajes, sí nos dejó una de las primeras descripciones de Las Cañadas y el Teide: *"Esta isla tiene 17 leguas de largo, y la tierra es alta, de igual forma que la cumbre de los terrenos de cultivos en ciertas partes de Inglaterra; en medio de esta región se halla una montaña redonda llamada Pico de Teide, situada de este modo: La cumbre del Pico hasta lo alto en línea recta 15 leguas y más, que son 45 millas inglesas; de ella salen a menudo fuego y cenizas, y puede tener media milla de circuito. Dicha cumbre tiene la forma o un aspecto de un caldero. En dos millas alrededor de la cumbre sólo se hallan cenizas y piedra pómez; y por debajo de estas dos millas está la zona fría, cubierta de nieve todo el año"*.

En estos primeros tiempos de historia no existe una preocupación por explicar las formas del relieve, todavía la nascente ciencia no había conseguido separarse de la religión, la interpretación literal de la Biblia se consideraba una explicación suficiente. Sin embargo ya se atisba en Torriani la búsqueda para ciertos fenómenos de la naturaleza y, en concreto, al volcanismo. Es lo que se deduce de la lectura de las páginas que dedicó al Teide:

"Este famosísimo Pico es célebre por su grandísima altura, que descubren los marineros a 440 millas en el mar, que son 70 leguas en España; por lo cual se cree que no cede ni al Ararat, ni al Líbano, al Atos y al Olimpo, sino que a todos les rebasa."

Cuando el cielo no está cubierto totalmente por las nubes, se ve como más de la mitad de este monte se eleva por encima de ellas. Yo mismo, al hallarme varias veces encima de las altísimas cumbres de La Palma, y encima de las mismas nubes, que cubrían con su sombra tanto el mar como las islas, con grandísima lluvia y temporal, lo vi por encima de su convexidad, muy en lo alto, de modo que casi parecía tener su principio sobre las nubes. Lo mismo se ve al hallarse uno en su cumbre; de modo que para una persona de no muy buena vista parecería que aquella blanca llanura de nubes, con su nuevo horizonte, fuese el mar o alguna bellísima llanura de la tierra, así como verdaderamente se muestra a todos cuantos la miran. [...] Por los grandes incendios a que ha dado lugar, se le considera un segundo Mongibel, y que por algunas causas naturales tuvo igual origen, de incendio; por más que, desde algunos pocos años, no se le nota incendio alguno. Pocas veces, visto a distancia, se le ve de noche la luz y de día el humo. Si no lo hay se le puede subir encima durante los meses de junio y de julio, cuando tiene poca nieve."

En el siglo XVII se consolida en Europa la revolución científica, la física y las matemáticas experimentan un desarrollo revolucionario. Sin embargo las ciencias de la tierra tendrán que esperar hasta el siglo XVIII para empezar a mirar la Tierra con los ojos de la racionalidad científica. Los primeros pasos se orientan en la senda de las clasificaciones. Era tal la variedad de paisajes, de formas de vida, aportados por los nuevos



La Atlántida según Viera y Clavijo.

descubrimientos geográficos que se hizo necesario emprender la ardua tarea de ordenar y agrupar en función de sus características. Este fenómeno no sólo abarcó a ciencias como la botánica o la zoología que sistematizaron sus clasificaciones taxonómicas, también afectó al enfoque que los naturalistas del Siglo de las Luces que, por primera vez comienzan a poner en duda el relato bíblico de la creación y el mito del diluvio universal.

Esta nueva manera de mirar y estudiar la Tierra tendrá su inmediato reflejo en los naturalistas que estudian las islas, que tratan de interpretar los paisajes en función de los nuevos conocimientos e innovadoras metodologías. Durante esta centuria visitaron las islas Canarias los grandes naturalistas de la época, enrolados la mayor parte de ellos en las expediciones científicas, la mayoría de ellas francesas debido a las guerras con Inglaterra, que tuvo su culminación con la corta visita, pero de gran trascendencia para el conocimiento de Tenerife, de Alejandro de Humboldt y Bonpland. Pero considero que el historiador y naturalista canario, José de Viera y Clavijo es el que mejor representa el estado del conocimiento del relieve de Canarias en los momentos anteriores a la articulación científica del conocimiento geológico, algo que no ocurrirá hasta mediados del siglo XIX.

Chil y Naranjo representa el fervor científico de la sociedad canaria decimonónica. Fundador y mantenedor del Museo Canario, es un magnífico exponente de una generación que asumió los planteamientos de las ciencias de su época y trató de aplicarlos al estudio de Canarias, y por eso lo he utilizado para analizar el estado de la cuestión geológica en esa época. Y, en tercer lugar, Telesforo Bravo y su gran aportación a la ciencia, es la culminación de estos sabios enciclopédicos

José de Viera y Clavijo (Los Realejos 1731 - Las Palmas 1813) fue un hombre enciclopédico, no en vano es contemporáneo de las primeras obras, las enciclopedias, que resumían el conocimiento de una época. Fue un gran historiador que siempre estuvo interesado por la ciencia y su divulgación y, como buen ilustrado creía que una educación basada en los nuevos conocimientos científicos traería una sociedad más feliz y un país más poderoso. Es lo que nos dejó escrito en sus memoriales del Síndico Personero: *"Imagínese el nuevo Seminario dividido en tres clases la primera es para la aritmética, la segunda para la astronomía y la tercera para la geografía y la astronomía. [...] ¡Qué delicia ver a un niño hacer un viaje imaginario por un mapa! ¡Medir las longitudes y latitudes de las regiones por un globo! ¡Entender las revoluciones periódicas de los planetas y de sus satélites! ¡Prevenir eclipses, construir tablas! ¡Subirse a un telescopio como viajar por el inmenso campo de los cielos, hasta perderse en aquel amable laberinto! En suma, señor, la náutica, la Agricultura, las manufacturas, las Artes mecánicas y aún las liberales recibirían en nuestra tierra otro grado de perfección."*

Sus estancias en el extranjero y su activa participación en los ambientes culturales y científicos del Madrid de finales del XVIII, le permitieron un fructífero contacto con lo más granado del conocimiento y de los pensadores de la época y trató de aplicarlos al conocimiento de la naturaleza canaria y a desentrañar el pasado de la sociedad isleña. Cuando se enfrenta a la explicación del origen de las islas demuestra que conoce las

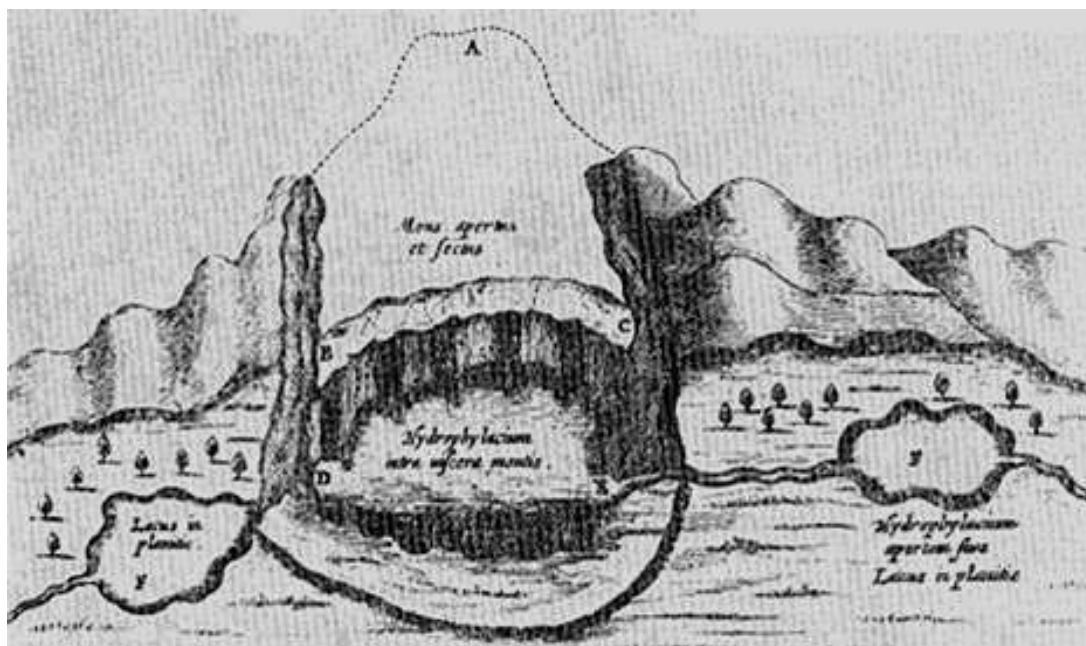
teorías más en boga en Europa. Pero en esos momentos, la Geología se encontraba en pañales, carente de una escala temporal que les permitiera situar en el tiempo las formas de la Tierra y con una mineralogía lastrada por el estado del conocimiento de la Química. Aún faltaban muchos años para que apareciera la tabla periódica de los elementos.



Retrato de don José Viera y Clavijo

Más que la explicación de las formas, la ciencia de la Ilustración, estaba interesada por la clasificación y la descripción, los marcos teóricos carentes de una base empírica, oscilaban entre los supuestos basados en antiguos mitos, caso de la Atlántida, y las teorías basadas en una explicación organicista como la que encontramos en la obra *Mundos*

Subterraneus del jesuita Athanasius Kircher. Este autor se basó en algunos aspectos tomados de Leibniz y Descartes, y defendía que en el interior de la Tierra había un gran fuego central con canales subterráneos que emergerían en la superficie terrestre a través de los volcanes. Los elementos de este «geocosmos» están todos ellos interrelacionados pues "Existe una circulación permanente de las aguas, de manera semejante a como las venas transportan la sangre en el cuerpo, y que mantiene en equilibrio los mares y océanos, comunicados a su vez entre sí; una circulación subterránea y exterior de los vientos; una comunicación de los fuegos, que poseen respiraderos exteriores en los volcanes. El elemento motriz de todo este organismo es el fuego central, que por canales subterráneos difunde exhalaciones ígneas que calientan el agua de los hidrofilacios a la que convierten en vapor que, a su vez, contribuye a transformar las sustancias subterráneas, o que se eleva hasta los más altos montes para después de enfriado dar origen a ríos y fuentes".



La cubierta de los hidrofilarios puede hundirse, dando lugar a lagos de montaña o de llanura [Lámina de *Mundus subterraneus*].

Viera utiliza las teorías del jesuita para explicar la existencia de los nacientes en las islas, aunque éste no era su única fuente de información y conocía que otros naturalistas opinaban "que las Canarias no han sido en su origen sino puras producciones de un fuego subterráneo que elevando las materias desde el fondo del mar, construyó aquellos vastísimos agregados de rocas". Como escribió Simón Benítez Padilla: "Destaca únicamente el planteamiento favorable de la cuestión de la Atlántida, iniciada por Platón

en sus diálogos *Critias* y *Timeo*. No eran suficientes los datos científicos de la época para zanjarla. Pero ha de admitirse la erudición de Viera en la elección de sus fuentes. En primer término el inevitable P. Atanasio Kircher, que ya en su *Mundus subterraneus* de tanto y tan inmerecido crédito, no dudó en delinear la carta de la hipotética isla Atlántida, que comprendía Canarias, Madera y Azores. Es corroborada por los autores de la famosa *Enciclopedia*, cuyos primeros volúmenes se escalonan de 1751 a 1757 y tras un eclipse reaparece de 1765 a 1773. Sobre todo, respira la *Historia y Teórica de la Tierra*, que abre la *Historia Natural* de Buffon publicada en 1740 y que recopila las nociones geológicas de los autores que le precedieron. Su éxito fue enorme. No bastó para arrastrar el sentimiento incondicional de Viera. Buffon supone el hundimiento de La Atlántida, y en este punto le sigue Viera. Mas Viera alaba como «un filósofo inglés de los más clásicos» a Woodward, que Buffon maltrata, acusándole de querer «levantar un monumento inmenso sobre una base menos sólida que la arena movediza». Merece resaltarse esta independencia de juicio del modesto sabio isleño frente al prestigio científico más pregonado por las trompetas de la fama".

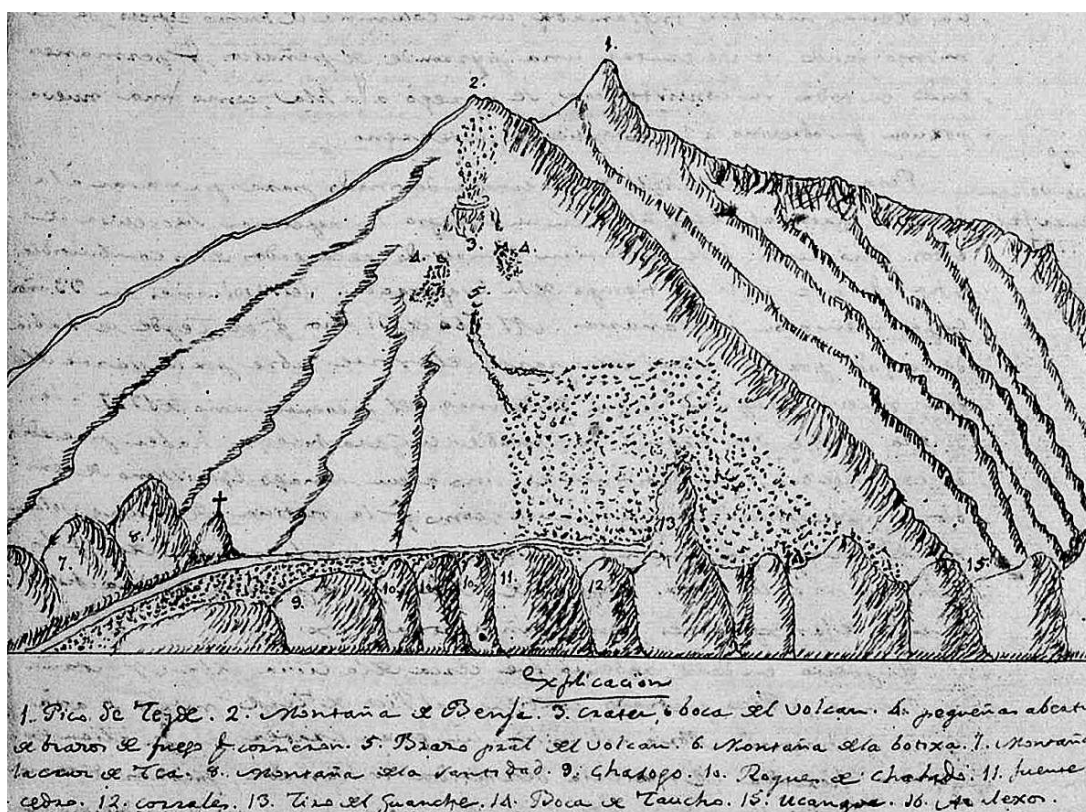
Llama la atención el razonamiento que sigue Viera y Clavijo para rechazar el origen exclusivamente volcánico de Canarias. Las deducciones delatan al ilustrado racionalista, pero la carencia de un marco temporal para los fenómenos geológicos y los condicionantes que imponía la interpretación oficial de la Iglesia católica del relato bíblico, le impidieron llegar a conclusiones acordes con la realidad.

La existencia de fósiles en las islas es el dato que permite a Viera afirmar que las islas están constituidas por materiales sedimentarios sobre los que se superponen los volcánicos. Cuenta que los primeros fósiles que vio los descubrió en un cauce artificial abierto en 1691 en Candelaria para desviar un barranco. Estaban integrados en un estrato situado a una milla del mar y dice de él que era de "tierra gredosa" y contenía, "fuertemente unidas a la masa de tierra" conchas de "*burgados*" y de "*bucios*". Cita otra playa levantada en La Rambla donde, a solicitud suya, se hicieron unas perforaciones y encontró abundantes los restos fosilizados de "*conchas, caracoles y otras producciones testáceas y crustáceas del mar que eran tan familiares a aquellos minadores, que ya nos les causaban ninguna admiración.*" Emocionado, Viera dice que este yacimiento puede ser nuestro pequeño Herculano y, para apoyar su afirmación afirma haber encontrado garbanzos petrificados e impresiones de "*hojas de naranjo, parra, moral, zarza y castaño*", lo que indicaría, en contra de su teoría, que esta formación tenía que ser posterior a la conquista, a partir de la cual trajeron estas plantas a Tenerife.

Se trata de lo que los paleontólogos denominan playas fósiles. Estas formaciones sedimentarias indican antiguos niveles marinos y sus

variaciones en el tiempo. Estos cambios se producen bien por ascenso del nivel mar, levantamiento de la masa insular o por haber sido recubierto el litoral por nuevas coladas volcánicas que ha hecho retroceder la línea de costa. No eran unos estratos de rocas sedimentaria, como deduce Viera y Clavijo, sino testigos de los cambios de nivel registrados a lo largo de los tiempos en las costas de las Islas.

De su largo discurso sobre el origen de Canarias, como lo califica el propio Viera, infiere que las islas son los restos de La Atlántida, la gran isla desaparecida que tomó su nombre del monte Atlante de la Mauritania y, a pesar de no poder encontrar argumentos válidos a la razón, invoca sus emociones, el impacto que le produce la naturaleza de las islas y, sobre todo, el gran estrato volcán del Teide: *"Pero no podrá dudarse, con alguna razón, si este célebre monte es el mismo que los antiguos tanto aplaudieron"*. Y, *"...no serían [en la antigüedad clásica] tan estúpidos que dejasen de celebrar este monte [El Teide] por el de Mauritania"*. Comenta sus aspectos geológicos, especialmente la parte correspondiente al Pión de Azúcar y al cráter, al que describe como una profunda caldera cuyo perímetro es desigual, siendo más bajo por su parte oeste. Viera confirma las apreciaciones de anteriores observaciones al destacar la existencia de



La erupción de Pico Viejo, según su contemporáneo Francisco Martínez Fuentes.

"minas de azufre" y "una dilatada costra de materia sulfúrea, de un amarillo muy brillante". Habla con cierto detalle de los "agujeros que arrojan un humo sutilísimo" y lo considera la prueba de la existencia de un fuego en el interior de la montaña.

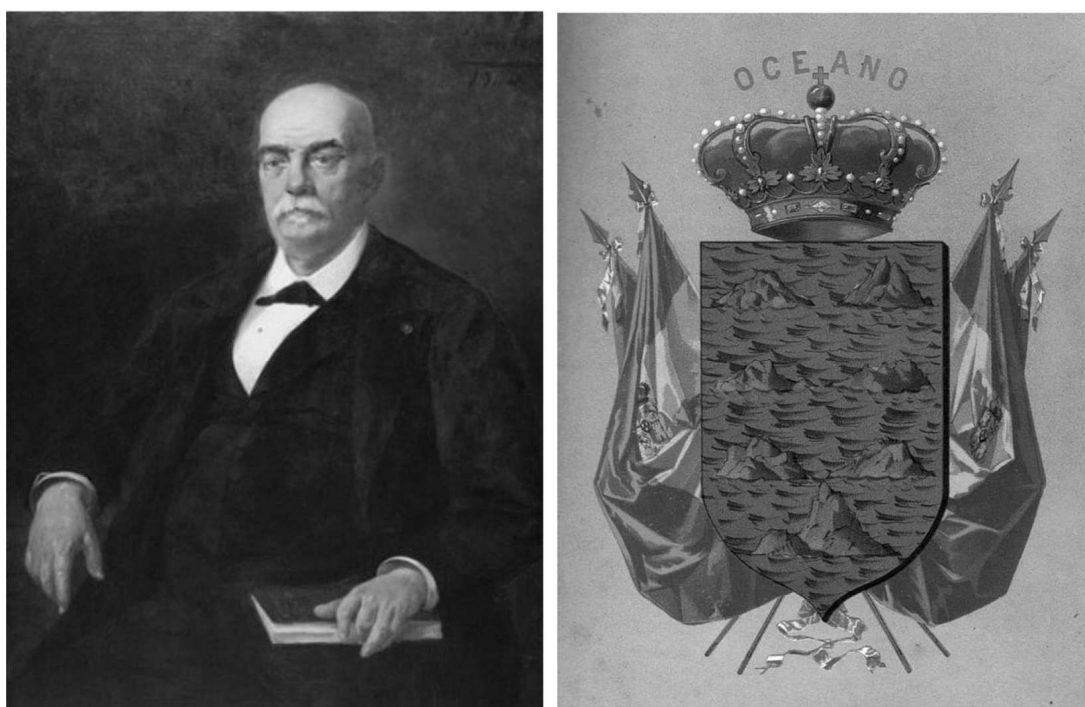
El carácter volcánico del archipiélago fue puesto en evidencia en numerosas ocasiones durante el siglo XVIII, sobre todo en Tenerife que comenzó el siglo con las erupciones de 1704-05 y concluyó con la segunda en duración y volumen de material extruído conocida como la de "Las narices del Teide". Esta circunstancia explica el interés que tuvo entre los contemporáneos de Viera y Clavijo el volcanismo y que se conserven varias narraciones de estos fenómenos telúricos. Destaca en este aspecto, por su carácter de catálogo de los eventos volcánicos sucedidos en el archipiélago y por sus dibujos, el manuscrito, conservado en la RSEAPT, de Francisco Martínez de Fuentes.

El siglo XIX es el de la revolución en las ciencias de la tierra, es cuando la geología, la biología o la química, consolidan sus principios científicos que les permiten elaborar los marcos teóricos que explican las observaciones. Personajes representativos de esta transformación como Darwin en biología o Lyell en geología estuvieron directamente relacionados con las islas. Aunque el primero no pudo realizar su sueño juvenil de visitar la isla del Teide, el segundo si que las conoció y estudió y las incluyó en su monumental obra *Principhia Geologica*. No fueron los únicos que se sintieron atraídos por la naturaleza canaria, toda una pléyade de científicos y naturalistas europeos visitaron Tenerife, todos subyugados por la realidad y la leyenda del Teide. Leopoldo von Buch, Berthelot, Webb, Melville, Hartung, Fritsch, Piazzzi, Smith, Verneau o viajeros como Richard Barton, todos dejaron su impronta en la ciencia y en la historia del conocimiento de las islas.

En la segunda mitad del siglo, las élites canarias se incorporan a los nuevos conocimientos, apuestan por la difusión de las nuevas ideas y por impulsar instituciones que respaldaran los trabajos de los investigadores. En este ambiente se entiende que surjan los primeros museos, en realidad colecciones de antigüedades y objetos curiosos como fue el Museo Casilda cuyos fondos fueron vendidos a la muerte de su fundador, o el Museo del naturalista y hotelero tinerfeño Anselmo Benítez. Al contrario de lo ocurrido con el museo de Tacoronte, sus fondos nutrieron posteriormente al Museo de Ciencias Naturales de Tenerife. En 1877 esta preocupación por el desarrollo de las ciencias se plasma en la Fundación del Gabinete Científico de Tenerife. Su principal mentor fue el médico Juan Bethencort Alfonso (1847-1913), uno de los introductores del darwinismo en las islas. Esta institución se alojó en un anexo del Establecimiento de Segunda Enseñanza, una obra creada y financiada por otro integrante de este gabinete, el ex

alcalde Bernabé Rodríguez. Desgraciadamente, con la muerte de su fundador también desapareció esta asociación científica.

La institución fundada por otro médico de Gran Canaria en 1879, El Museo Canario, tuvo mejor suerte y contó con mecenas más generosos y, sobretodo, con más medios, entre ellos los de su impulsor, el doctor Gregorio Chil y Naranjo. Formado en Francia y con una curiosidad intelectual que desbordó su campo profesional para adentrarse en los otros saberes como la antropología, la historia o las ciencias naturales, que confluyeron en una obra clave en la historia del conocimiento en Canarias. En 1876 publicó el primer tomo de su monumental obra *Estudios Históricos, Climatológicos y Patológicos de las Islas Canarias* y en su introducción refleja perfectamente su conocimiento de las nuevas teorías científicas dominantes en la segunda mitad del siglo XIX. Aunque era un hombre católico, su defensa de las teorías evolucionistas y de los nuevos conocimientos que estaba aportando la geología, le costó que el obispo Urquinaona y Bidot lo excomulgara, y decretara la prohibición de su libro.



Retrato de don Gregorio Chil y Naranjo, y escudo de Canarias que aparece en la primera edición de su obra *Estudios Históricos de las Islas Canarias*.

Chil y Naranjo (1831 – 1901) representa la nueva generación que entiende que religión y ciencia deben estar en distintos planos, pero la jerarquía eclesiástica era muy poderosa en la España decimonónica. Aunque la Inquisición ya había desaparecido todavía se creían los eclesiásticos con capacidad para preservar a la sociedad de los "males de la ciencia moderna".

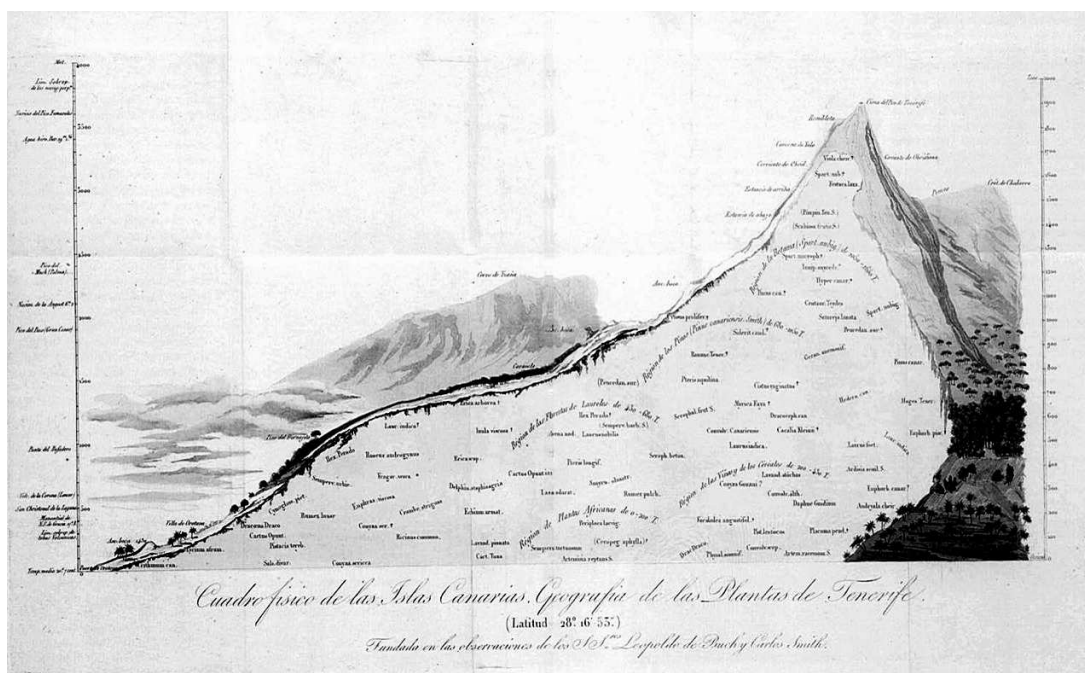
En la Carta Pastoral que el Ilmo. Obispo de Canarias dirigió al clero y a los fieles con motivo de la publicación de su obra "*Estudios históricos, climatológicos y patológicos de las Islas Canarias*" dice que "Comprueba hasta la evidencia que los *Estudios históricos, climatológicos y patológicos de las Islas Canarias* están impregnados en el error del darvinismo, desenvolviéndose en ellos una doctrina contraria a la creencia de la Iglesia y a la definición solemne del Concilio Vaticano, donde se ratificó lo ya definido por la Iglesia, sobre esta materia, en otros Concilios. Por lo tanto mandamos a nuestros muy amados fieles que se abstengan de leer la mencionada obra; y las entregas que hayan recibido y conserven las remitan con cubierta cerrada a Nos o a sus respectivos Párrocos, los que cuidarán de transmitirlos a Nuestro poder; pues condenada la obra, como la condenamos, ningún fiel cristiano, cualquiera que sea su instrucción y categoría, puede retenerla, a no estar facultado por la Silla Apostólica para leer los libros prohibidos; de lo contrario incurrirá en las censuras con que se hacen estas prohibiciones por la Iglesia".

Afortunadamente, las condenas eclesiásticas no consiguieron evitar que su obra se convirtiera en una referencia obligada para todos los interesados en el estudio de las islas Canarias. El autor, curándose en salud ya decía en la introducción: "No es sólo el cristianismo el que, manejado como arma poderosa en tiempos de barbarie, ha intentado detener el torrente civilizador. No; porque si a un Jordan Bruno se le condenaba a las llamas, si a un Galileo se le encerraba en un calabozo, si a un Kepler se le perseguía, y tantos y tantos ingenios apagaban los fuegos de su talento, temerosos de la persecución o de la muerte, los sacerdotes de Buda, los de Moisés, los de Confucio, los ministros del Paganismo, los Mahometanos y cuantos se han apoyado en una idea que han creído o hecho creer sobrenatural, han apelado también a los mismos medios de fuerza para contener el papel de los propagadores de esas creencias, prescindiendo a tal punto de las leyes eternas de la moralidad, del bien y del mal, que las han sacrificados a principios falsos y hasta desmoralizadores".

A pesar de chocar con los grupos conservadores, ni su obra ni su persona mereció el aprecio de Miguel de Unamuno que le calificó irónicamente como "*el ingenuo doctor Chil y Naranjo, una especie de Herodoto, perteneciente a varias asociaciones académicas, entre ellas, una sociedad de aclimatación y a la academia Estalisnao de Nancy*".

En el prefacio de su obra, Chil y Naranjo nos habla de sus fuentes de información geológica y deja claro que utiliza lo más selecto de su época: "Preciosos datos geológicos me ha facilitado Mr. Sainte Claire de Melville, miembro del Instituto de Francia, que hizo un viaje a las Canarias y que del modo más favorable habló de nuestras islas. Pero todavía no estaba yo completamente satisfecho: sabía las investigaciones que habían hecho sobre esta región del Atlántico hombres sabios que tuvieron

necesidad de venir las a estudiar, entre ellos el célebre geólogo Lyell. Mi particular amigo el barón Dr. K. Von Fritsch, que había hecho dos expediciones, en las cuales ha recorrido todo el archipiélago y ha publicado importantísimos trabajos y cartas sobre las Islas; el célebre naturalista Haeckel y otros muchos más."



Perfil de la isla de Tenerife según Alejandro von Humboldt

Con estas fuentes, Chil y Naranjo, comienza exponiendo las teorías conocidas sobre la formación de la Tierra, por primera vez encontramos en un escritor canario una explicación que trata de hacer comprensible los datos que se disponían en esta época. Asume que la contracción de la Tierra por enfriamiento es la causa de la formación de las grandes montañas y de los profundos valles y la aparición de la vida una vez que la Tierra estabilizó su caótica juventud. Conoce la escala temporal de la geología que rompe con las teorías religiosas y utiliza la escala estratigráfica que ya habían popularizado los geólogos de su época.

Pero la geología todavía se encontraba en sus inicios, la geoestratigrafía todavía no aportaba datos suficientes para establecer una cronología capaz de establecer diferencias en la evolución del relieve y de los seres vivos, así la era cuaternaria la divide en los diluvios de Europa, el periodo glacial y el diluvio asiático. Como el mismo reconoce: "Es increíble el número de volúmenes que se han escrito y los ricos datos que se han presentado sobre esta importante materia; pero todavía son incompletos los estudios, tanto geológicos como paleontológicos que se han hecho, si bien

tenemos ya las suficientes noticias para poder razonar acerca de las graves cuestiones, objeto de las elucubraciones de los sabios".

En el capítulo dedicado a la geografía de Canarias, Chil y Naranjo reconoce que sus conocimientos sobre las ciencias de la tierra son insuficientes y que no ha conseguido, a pesar de sus cartas pidiendo datos a científicos y viajeros, toda la información disponible en su época. Y, al mismo tiempo, indica los autores que le han servido para elaborar este capítulo: "Bory de Saint-Vincent, Leopoldo de Buch. P. Barker Webb, y Sabin Berthelot, D. Miguel Lobo, D. Pedro de Olive y von Fritsch". El paisaje, sus formas, su origen, están ausentes en sus descripciones y se nota que no sabe leer el territorio, y considera que la geografía es una ciencia que tiene como objetivo cartografiar las tierras y detallar los principales accidentes orográficos y la relación de pueblos. Siguiendo este esquema dedica varias páginas a la evolución de la cartografía y aporta nuevos mapas de las islas elaborados en colaboración con su amigo, el también doctor en medicina, Víctor Grau-Bassas. Es la única información relevante que encontramos en su obra bajo el epígrafe Geografía de Canarias.

En el apartado dedicado a Tenerife, Chil y Naranjo se limita a dar una descripción de la costa y sus fondeaderos y unos párrafos al Teide y Las Cañadas en las que no hay ninguna valoración de tipo geológico, ni menciona ningún aspecto relacionado con la vegetación o el clima. Pero, con buen criterio, recurre a otros autores para resaltar la importancia del Teide. En primer lugar, la de su amigo el geólogo alemán von Fritsch y, dando pruebas del indigenismo de su generación que mereció el desdén de Unamuno, cita el artículo de un naturalista canario que entendió perfectamente las aportaciones que había hecho a la ciencia Humboldt, el tinerfeño Manuel de Ossuna y Saviñón.

Las aportaciones del siglo xx

A principios de la segunda mitad del siglo pasado comienza un proceso que supondrá un cambio radical en la geología y en la interpretación del relieve terrestre. Las inversiones de la polaridad magnética y la expansión de los fondos oceánicos y, posteriormente, la teoría de la tectónica de placas, explican satisfactoriamente gran parte de los enigmas que la geología no había conseguido inscribir dentro de unas hipótesis congruentes. El volcanismo dejará de ser un capítulo aparte en los manuales de geología, con las nuevas teorías pasa a formar parte sustancial. Como ha ocurrido en tantas ocasiones, hubo predecesores de las nuevas teorías, fue el geofísico Alemán Wegener el primero que exponer que los continentes forman un gran puzzle en continuo movimiento, pero sus ideas fueron duramente combatidas y sus seguidores reducidos al ostracismo por la ciencia oficial. La situación no cambió hasta

que los nuevos conocimientos los convirtió, ahora sí, en personajes venerados por la ciencia oficial.

Un testigo excepcional en esta historia fue Telesforo Bravo, su vida abarca la totalidad de la segunda mitad del siglo XX y fue un digno continuador de la obra de paisanos como Viera o Chil y Naranjo. Telesforo también tenía una formación enciclopédica y una gran ventaja, él sabía leer el territorio, quería desentrañar los enigmas de sus formas. Fue este temprano don el que le impulsó, siendo ya maestro, a estudiar Ciencias Naturales en Madrid. Allí adquirió su formación de geólogo que con el paso de los años le permitiría plantear la teoría de los deslizamientos gigantes en las laderas de las islas volcánicas. En este sentido superó a sus predecesores, no fue sólo un gran erudito, también destacó por ser un investigador que aportó mucho al conocimiento de Canarias, desde su historia y geografía a la paleontología, el volcanismo, la arqueología o la hidrología.

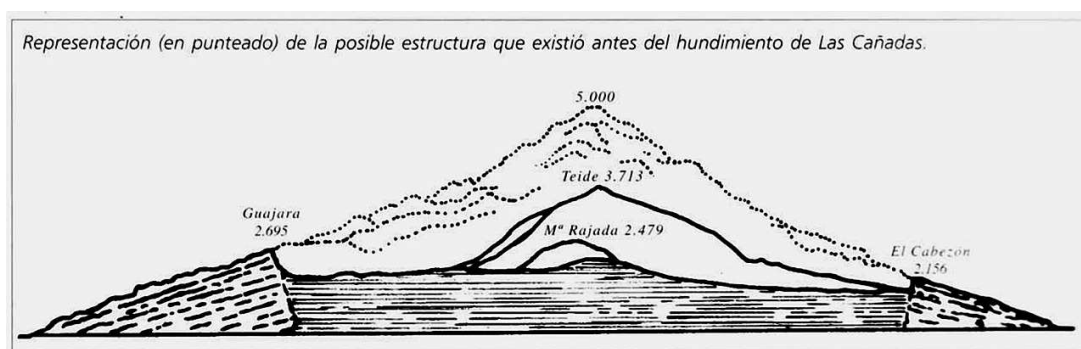
Cuando se le preguntaba a don Telesforo por la amplitud de sus saberes y su amplio conocimiento de las claves interpretativas del territorio respondía: "soy licenciado en Ciencias Naturales y doctor en Geología" cuando se le preguntaba por la amplitud de sus saberes y su amplio conocimiento de las claves interpretativas del territorio. Estas características de nuestro personaje se reflejan en su Geografía de Canarias, la primera geografía moderna que se hace en Canarias y que compendia y explica el paisaje canario de los años cincuenta. A diferencia de Chil Y Naranjo, Telesforo hace una geografía que responde a los patrones clásicos, en el sentido etimológico del término, con una clara diferenciación entre los factores físicos que integran los paisajes y la acción humana sobre el territorio y todo ello con una prosa clara, sencilla y científicamente rigurosa, algo que sólo consiguen los grandes geógrafos. La lectura de la exposición de las teorías geológicas demuestra el rigor y la claridad de su exposición y sus amplios conocimientos de biología le permiten cruzar los datos en una sabia utilización del método científico. Recoge y discute las principales teorías que dominaban el panorama geológico de comienzo de la década de los cincuenta. Llama la atención lo que dice con respecto a la teoría de Wegener: "La teoría que formuló dio una explicación sencilla a muchos problemas planteados en geología. En líneas generales, este autor supone que las masas continentales son rígidas, aunque ligeras, y flotan sobre un *sustratum* más denso, pero plástico. [...] Los bloques continentales así considerados pueden desplazarse con movimientos de suma lentitud. Wegener no llegó a demostrar completamente su teoría, muriendo en un accidente mientras trabajaba en Groenlandia". Bravo muestra sus preferencias pero no encuentra ninguna que dé una explicación global y coherente como para darle preeminencia.

Los espectaculares relieves de las islas eran bien conocidos por el incansable caminante que siempre fue Telesforo, él quiso entender como se

habían formado los valles, barrancos y calderas de las islas, cómo les afectaba el paso del tiempo y, además, trató de explicarlos. En los años cincuenta, asumiendo las teorías dominantes, el todavía estudiante en Madrid, acepta los hundimientos como la causa de la formación de algunos valles y calderas de las islas, y así aparece en su Geografía de Canarias: *"Los hundimientos de grandes zonas de las Islas han sido frecuentes pero muy difíciles de observar, por lo que ha sido necesario un detenido estudio geológico en estos últimos años para ponerlos en evidencia. Hundimientos de zonas costeras del tipo de los valles de La Orotava y Güímar, en Tenerife, así como amplias superficies en sectores del sur de Gran Canaria (comunicado por el Prof. Hausen). Pero no puede incluirse en este caso una de las calderas más importantes que se encuentra en el centro de la isla de Tenerife, llamada corrientemente por los tinerfeños Circo de las Cañadas, tan extensa que no puede abarcarse sino parcialmente. El centro de esta depresión está ocupado por el Pico de Teide, la montaña más elevada del territorio español. De la observación de sus paredes y de los materiales que se encuentran en sus bordes, se deduce que más que el resultado de una gigantesca explosión, como han supuesto algunos geólogos, ha sido producto de un hundimiento. En el lugar donde hoy se abre esta depresión se alzaba una estructura montañosa muy elevada, tal vez más que la que alcanza el actual Pico de Teide. La red fluvial estaba constituida por numerosos torrentes cuyos cauces aparecen cortados al nivel de los actuales paredones, y son como gargantas que separan las diferentes cumbres marginales de esta caldera. El hundimiento de aquella elevada estructura debió de producirse en dos fases: una que afectó a la mitad oriental y otra a la mitad occidental, alcanzando ésta mayor profundidad. La doble depresión, separada por los Roques y Azulejos, debió de tener antes de la formación del Teide un desagüe natural por el valle de Icod, por el lugar donde hoy está La Guancha. Corroboración la existencia de esta antigua puerta, el hallazgo de terrenos de aluvión, de donde se extrajeron gruesos troncos de árboles carbonizados, durante las perforaciones, muy profundas en sentido horizontal, de galerías para la explotación de aguas potables".*

Es un párrafo muy revelador en el que se aprecia nítidamente la manera de trabajar de Telesforo: conoce toda la información necesaria, consulta a otros autores y aporta sus propias observaciones. Acepta las teorías dominantes en el mundo académico, pero añade nuevos elementos fruto de sus estudios de las aguas subterráneas, datos que posteriormente le servirán para dar un giro copernicano a estas interpretaciones sobre el origen de valles y calderas. Descubre para la ciencia la importancia del sepultado valle de Icod – La Guancha y la formación de lo que posteriormente denominó fanglomerado, también conocido como mortalón.

En 1962, a poco de leer su tesis doctoral, publicó el artículo que, como Wegener, se adelanta con una nueva explicación a la formación de muchos valles y calderas en Canarias y, por extensión, al resto del mundo. La propuesta de Telesforo Bravo es algo más que una mera alternativa a la teoría dominante en los círculos científicos, aporta nuevos datos que van a jugar un papel clave en las discusiones científicas posteriores. Siguiendo la línea emprendida por Ramón Ascanio en los años veinte, sus estudios hidrológicos marcan el comienzo de una investigación que va a dar más frutos, tanto para entender el ciclo hidrológico de la Isla, como para comprender su evolución geológica. La utilización de los muchos kilómetros de galerías y pozos como fuente privilegiada de datos geológicos, estuvo, salvo pocas excepciones, al margen de la investigación académica. El mundo universitario no va a aceptar durante muchos años las nuevas ideas de Bravo, ni las modificaciones que introducen sus seguidores.



Hipótesis de Telesforo Bravo en *Geografía de Canarias*, Tomo I (1953), sobre la estructura previa al hundimiento de Las Cañadas.

Una de las grandes aportaciones del profesor Bravo es la importancia que dio al "fanglomerado". Ésta enigmática formación, conocida por los trabajadores de galerías desde hacía muchos años, desconcertaba a los estudiosos puesto que no estaba originada directamente por un fenómeno volcánico. La encontró en las galerías del valle de La Orotava, en las que se adentraban bajo el bloque de Tigaiga y en las que perforaban el relleno lávico del valle de Icod – La Guancha. Él mismo consideró que *"el descubrimiento más importante es el fanglomerado donde se apoyan las formaciones, consideradas muy antiguas, del escudo volcánico que rodea la depresión de Las Cañadas"* A la hora de definirlo nos dice que *"está compuesto de una masa arcillosa, donde están englobados en completo desorden bloques de rocas de todos los tamaños, hasta de varias toneladas. Las rocas englobadas son subangulosas o redondeadas y los elementos constitutivos de esta masa son poligénicos. [...] Los elementos de mayor interés englobados en esta masa son grandes troncos de árboles carbonizados, verdaderos lignitos, conservando, en la*

mayor parte de los casos su forma original. [...] Algunos troncos se han encontrado completamente aplastados por la presión vertical y convertidos en láminas carbonosas de pocos centímetros de espesor. Algunos troncos de varios metros de largo y hasta de un metro de diámetro han sido retirados de profundas galerías que se han adentrado en este enigmático fanglomerado. En general, y juzgando por el aspecto exterior, parecen identificarse con Lauráceas, Ericáceas y Coníferas". Bravo piensa que el fanglomerado, y así lo representa en una figura, rodea completamente el escudo volcánico y sobre esta formación se apoyaría el edificio volcánico anterior a la formación de la caldera de Las Cañadas.

A partir de estos datos propone una nueva sucesión de acontecimientos tectónicos – volcánicos en la zona central de Tenerife que comienza hace varios millones de años cuando una etapa de gran actividad explosiva redujo a escombros las cumbres. Esta etapa explosiva daría lugar al fanglomerado y es, según el autor, la base de todas las formaciones posteriores: "Sobre los escombros se eleva un nuevo edificio correspondiente a tres ciclos efusivos: a) fonolitas b) basaltos c) fonolitas. Con estos materiales se formó un escudo volcánico, con centro culminante alrededor de unos 3.000 metros de altura y en forma de cúpula".



Galería de agua atravesando el 'mortalón' o 'fanglomerado'.

A esta intensa actividad volcánica le siguió, según Bravo, un periodo de tranquilidad durante el cual la cúpula central de la isla fue intensamente erosionada. Tampoco en este caso cuantifica la duración pero tendría que ser lo suficientemente larga para que hubiera tiempo suficiente para dismantelar la cúpula central de la isla y se formara una caldera de erosión abierta al mar por el valle de Icod. Como él mismo dice, esta caldera sería en su génesis semejante a la caldera de Taburiente. La reanudación del volcanismo basáltico daría lugar al relleno de gran parte de la caldera y del valle de Icod por los materiales arrojados en estas erupciones. A continuación, y ésta es otra de las grandes aportaciones de Bravo, *"comienza a deslizarse sobre el fanglomerado, y actuando como superficie de deslizamiento lubricada, masas inestables de las laderas de la isla, dando origen a dos fosas valles de Güímar y Orotava (Plioceno)"* Y, una gran cantidad de erupciones sálicas explosivas en el Teide y Pico Viejo terminarían por dar forma a la caldera y al Teide cubriendo la isla de un espeso manto de pumitas. Finalmente, la etapa actual caracterizada por erupciones de tipo basáltico poco explosivas.

Mientras que la idea de un origen erosivo de la caldera de Las Cañadas no va prosperar, su otra propuesta para explicar el origen de los valles de Güímar y de La Orotava no sólo va a ganar adeptos, sino que las sucesivas aportaciones y descubrimientos la convertirán en un nuevo paradigma de la ciencia, conocido como la teoría de los deslizamientos gravitacionales en los territorios volcánicos. Es verdad que Leopoldo von Buch había imaginado este origen para La Orotava, pero Telesforo Bravo es el primero que da una explicación coherente de este fenómeno. Él lo define como *"una gran masa de la ladera de la isla se desliza por un plano inclinado, desapareciendo en el mar"*. La causa estaría en el inestable apoyo del fanglomerado, esas masas estaban sustentadas sobre esta masa movediza empapada en agua subterránea. El límite de la zona deslizada coincidiría con el de la extensión horizontal de la capa plástica, pero el valle resultante es mayor al haber empujado y arrancado la masa del deslizamiento grandes bloques de lo que hoy es la parte oriental del valle.

Curiosamente, las aportaciones de Telesforo no fueron tenidas en cuenta cuando se iniciaron de manera sistemática los estudios de las islas. En los años sesenta el profesor Fúster y su equipo elaboraron los mapas geológicos de cuatro islas, Tenerife, Fuerteventura, Gran Canaria y Lanzarote y en sus trabajos llegan a conclusiones opuestas a la idea de Bravo y explican los dos grandes valles de Tenerife como depresiones intercolinarias, resucitando una vieja teoría del siglo XIX, y Las Cañadas como una caldera producida por el hundimiento de la cúpula central de la Isla.

En los años setenta y ochenta las teorías oficiales se imponen en los ámbitos académicos y educativos. Destaca en este aspecto una colección

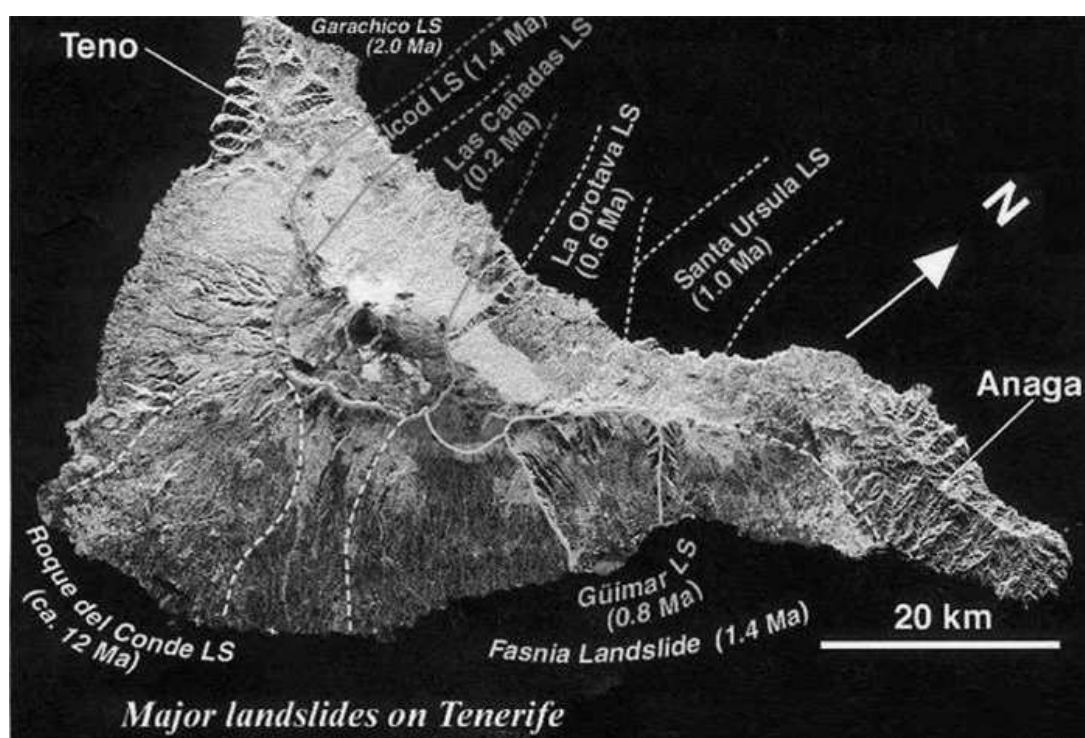
bilingüe, español e inglés, titulada genéricamente *Los Volcanes de las Islas Canarias*, y cuyos autores, Juan Carlos Carracedo y Vicente Araña, exponen la explicación oficial de cómo se formó la caldera de Las Cañadas: *"El Circo de Las Cañadas, con sus 17 kilómetros en el eje mayor, es una de las calderas más impresionantes que se conocen. En el lugar que hoy ocupa la caldera estaba el techo de un edificio cupuliforme cuya altura no sobrepasaba seguramente los 3.000 metros. La cima de este edificio se hundió dejando una depresión elíptica cuyas escarpadas paredes se elevan en algunos puntos más de 500 metros sobre la base interna del Circo. Hoy sólo podemos contemplar las paredes meridionales de la gigantesca caldera, ya que la pared norte fue posteriormente enterrada por erupciones posteriores, parte de las cuales han formado el Teide, cuyas lavas llegan, como vemos, hasta la base del escarpe. El origen de este colapso, que quizá no fuera unitario -se habla de dos calderas separadas por los Roques de García-, puede explicarse por el vaciado de una cámara magmática poco profunda, cuyo techo no pudo soportar el peso del edificio que sus mismas lavas formaron. Lógicamente, en este proceso intervinieron también las violentas explosiones que resquebrajaron el edificio antes del hundimiento, y después de esto también la erosión, ha hecho retroceder cierta distancia a la pared"*.

Estos geólogos dan por válida la teoría de los valles intercolinares y no mencionan, en ningún momento, los deslizamientos gravitacionales. Esta es su explicación de los valles intercolinares: *"Las acumulaciones de coladas en zonas específicas pueden crear también una topografía singular como la de los valles intercolinares. A este fenómeno se debe la formación de los «valles» de La Orotava y Güímar, cuyos márgenes son los paquetes de coladas procedentes de erupciones muy localizadas en la cordillera dorsal. Es decir, que en estos casos no se ha excavado un valle, sino que se han ido levantando sus paredes, que hoy aparecen casi verticales al ser retocadas por la erosión*.

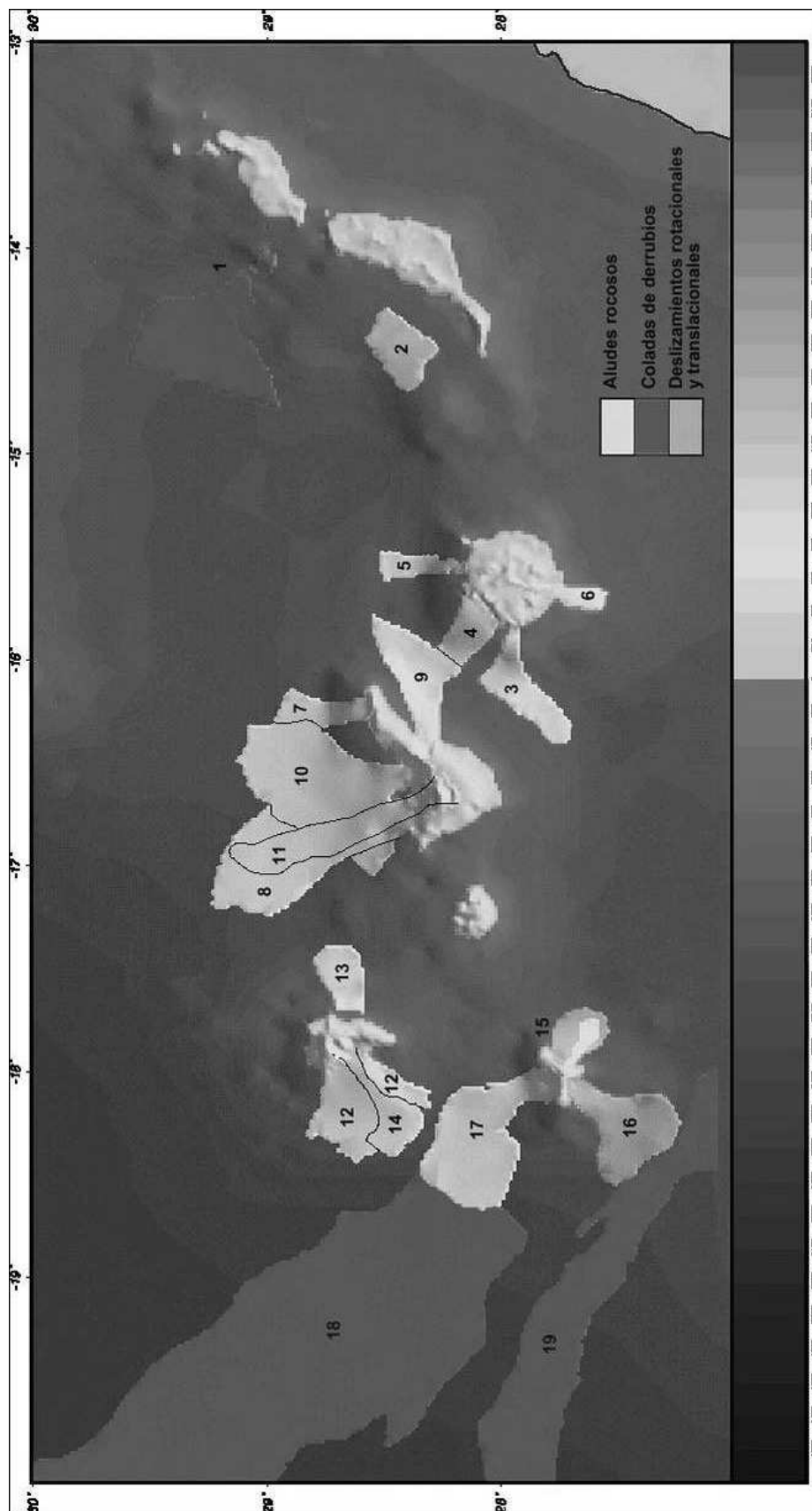
En 1981, Eduardo Martínez de Pisón y Francisco Quirantes publicaron el libro *El Teide Estudio Geográfico*. Las opiniones sostenidas por estos autores tuvieron una enorme repercusión en los ambientes educativos, en los libros de texto y en las numerosas obras de geografía y naturaleza canaria publicadas en los años ochenta. Esta obra es cita obligada en todos los libros y tesis de geografía, sin embargo no figura en la bibliografía de los trabajos de investigación vulcanológica. Esta disparidad es comprensible porque esta obra carece de datos y apoyos bibliográficos que justifiquen las opiniones de sus autores y, realmente, no aportan nada nuevo al investigador a pesar de su lenguaje innecesariamente complicado y demasiado cargado de términos técnicos. Toman como punto de partida las tesis dominantes, el hundimiento para la caldera de Las Cañadas y los valles intercolinares para los valles. Niegan con vehemencia la posibilidad de un

origen relacionado con la erosión o los deslizamientos gravitacionales: *"Partiendo de la misma hipótesis de un gran valle en Icod, pre-serie III y relleno por ésta, se sustituye el esquema de un prolongado ataque erosivo durante un «largo periodo de tranquilidad» por grandes avalanchas por deslizamientos subhorizontales de masas inestables sobre un fanglomerado, más o menos discontinuo y sólo existente en el norte del edificio, que se supone que actuaría como superficie lubricante, como capa plástica, al tiempo que la torrencialidad ayudaría al transporte de los materiales, que llegarían al mar y desaparecerían al ser destruidos por erosión. Todo este proceso, que justificaría la formación de la cabecera en un corto tiempo, se apoya, sin embargo, en argumentos que nos parecen discutibles y en hechos indemostrables, al margen de la evolución morfoclimática cuaternaria"*

A Telesforo Bravo se le negó el pan, la sal e incluso en las citas bibliográficas. Entre sus escasos seguidores destaca Juan Coello, no en vano su tesis versa sobre las galerías de Tenerife y un geólogo maño, José Manuel Navarro, que consiguen completar y dar coherencia con los nuevos datos a la teoría de los deslizamientos ante el escepticismo de la geología y la geografía oficiales que ignoraban, e incluso despreciaban sus aportaciones.



Los grandes deslizamientos gravitacionales de Tenerife según Navarro y cols.



Los deslizamientos gravitacionales en Canarias a partir de los datos obtenidos por el buque oceanográfico Hespérides

Pero en los años noventa se produce el gran acontecimiento, se confirman los deslizamientos en las islas con los trabajos de los buques oceanográficos de Reino Unido primero, y posteriormente, de España. A partir de la divulgación de los datos proporcionados por la cartografía de los fondos marinos salen a la luz los auténticos y genuinos descubridores de esta nueva aportación a la ciencia. Los primeros que publicaron los grandes deslizamientos gravitacionales (en inglés, por supuesto). Estos investigadores, son los mismos autores que antes lo negaban con tanta vehemencia. Si antes no citaban la teoría de Bravo ni incluían sus artículos en la bibliografía, en sus últimas publicaciones se apropian de sus ideas y lo excluyen de la galería de personajes relevantes en la historia del conocimiento geológico de la isla. Pero el tiempo y la realidad terminan imponiéndose, fue un gran geólogo y un excelente geógrafo, nunca se adornó con méritos ajenos, siempre estuvo presto a divulgar y compartir su saber y sus investigaciones y, sobre todo, estaba por encima de esas miserias humanas.

Bravo también destacó por su prosa científica, pero de un castellano sencillo y cuajado de emociones. Como Viera, su lectura sigue siendo amena, siempre encuentras aspectos novedosos. Valga como ejemplo este párrafo: *"Las Islas Canarias son, por tanto, tierras en que predomina como esencial una elevada altura media, característica que comparten con la mayoría de las Islas Atlánticas. Otro carácter, que el viajero aéreo nota pronto, es el color verde y jugoso de las vertientes orientadas al norte. Y este signo de la vida vegetal, que da idea de una superabundancia y riqueza de las tierras, contrasta con las vertientes situadas al socaire del alisio, tierras áridas, donde las huertas y manchas verdes destacan sobre las grandes extensiones semidesérticas. Tan acusado es este carácter, que para el hombre canario no hay sino dos puntos cardinales: el Norte y el Sur. Todas las tierras que se benefician del alisio caen dentro del norte, y aquellas que, secas y áridas, no reciben el aliento húmedo de los vientos dominantes, son fatalmente Sur"*.

Y para contraste un párrafo de un geógrafo, Eduardo Martínez de Pisón, el mismo que tan visceralmente rechazaba las teorías y las aportaciones de Telesforo Bravo: *"El paisaje del Teide muestra una variación fenológica llena de contraste. Sin duda la variación fenológica es algo habitual en muchos lugares, pero aquí muestra unos caracteres especialmente marcados y resalta en un entorno definido precisamente por la atenuada estacionalidad: un invierno con nieve, que se convierte en el protagonista del paisaje, una primavera en floración explosiva con dominio intenso en el ambiente –retamas, tajinastes, etc.-, un verano seco donde vuelve a dominar lo mineral, un otoño entrecortado por rachas de temporal con los vivos colores tardíos de las plantas, entre ellos el amarillo de la hierba pajonera"*.

Referencias

- ARAÑA, V. & J. C. CARRACEDO (1978). *Los Volcanes de las Islas Canarias: Tenerife*. Ed. Rueda. Madrid. 151 pp.
- ARAÑA, V. & J. COELLO (Editores) (1989). *Los volcanes y la Caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)*. ICONA. Madrid.
- BENÍTEZ, S. (1952). *La obra científica de Viera y Clavijo*. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife. 45 pp.
- BRAVO, T. (1952). Aportación al estudio geomorfológico y geológico de la costa de la fosa tectónica del valle de La Orotava. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. Geol.* 50 (1): 5-32.
- BRAVO, T. (1954). *Geografía General de las Islas Canarias*. Tomo I. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife. pp. 410
- BRAVO, T. (1962). El Circo de Las Cañadas y sus dependencias. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.* 60: 93-108.
- BUCH, L. (1836). *Description physique des Iles Canaries suivie d' une indication des principaux volcans du Globe*. Traducción de C. Boulanger Revis y Aument. París.
- CIORANESCU, A. (1963). Thomas Nichols Mercader de Azúcar, Hispanista y Hereje. Instituto de Estudios Canarios. La Laguna.
- CARRACEDO, J.C. (1979). *Paleomagnetismo e historia volcánica de Tenerife*. Aula de Cultura de Tenerife. 82 pp.
- CARRACEDO, J.C. (1980). *Atlas Básico de Canarias*. (Geología e hidrología) Edit. Interinsular Canaria. 82 pp.
- CARRACEDO, J.C. (1980). *Canarias*. (Geología y recursos naturales de Canarias) Ed. Anaya. pp. 12-38.
- CARRACEDO, J.C. (1996). A simple model for the genesis of large gravitational landslide hazards in the Canary Islands. In: *Volcano Instability on the Earth and other planets*. McGuire, Jones & Neuberg (eds). Geological Society Sp. Pub. 110:125-135.
- CARRACEDO, J.C. et al. (199). *7 Geological map (1/33.000) of the Cumbre Vieja Volcano*. La Palma. Canary Islands. C. S. I. C. Consejería de Política Territorial Gobierno de Canarias.
- CARRACEDO, J.C. et al. (1998). *Origen y evolución del volcanismo en Canarias*. *Ciencia y Cultura en Canarias*. Cabildo de Tenerife. pp 67-90.
- CIORANESCU, A. ()1963. Thomas Nichols Mercader de Azúcar, Hispanista y Hereje. Instituto de Estudios Canarios. La Laguna.
- CHIL Y NARANJO, G. (1876). *Estudios Históricos, Climatológicos y Patológicos de las islas Canarias*. Tomo Isidro Miranda Editor. Las Palmas de Gran Canaria.

- COELLO, J. (1973). Las series volcánicas en subsuelos de Tenerife. *Estudios geológicos* 29: 491-512.
- FÚSTER et al. (1968). *Geology and volcanology of the Canary Islands: Tenerife*. Instituto Lucas Mallada C.S.I.C. 239 pp.
- HAUSEN, H. (1955). Contributions to the geology of Tenerife. *Soc. Sci. Fennica Com. Phys.-Maths.* 22: 1-211.
- HUMBOLT, A. (1814). *Viaje a las Islas Canarias*. Traducción de Hernández, M. (1995). Francisco Lemus Editor. 209 pp.
- NAVARRO, J.M. (1974). La estructura geológica de Tenerife y su influencia en la hidrología. *Int. Symp. Hidrogeol. Volc. Terr.* Lanzarote.
- NAVARRO, J.M. & I. FARRUJIA (1989). *Plan Hidrológico Insular*. Tenerife. 147 pp.
- NAVARRO, J.M. & J. COELLO (1989). Depressions originated by landslide processes in Tenerife. Abstracts ESF Meeting on *Canarian Volcanism*. 150-152 pp.
- RAMÍREZ, M.E. (1997). *Un acercamiento historiográfico a los orígenes de la investigación arqueológica en Canarias: Las Sociedades científicas del siglo XIX*. En: G. MORA & M. DÍAZ-ANDREU (eds.) *La cristalización del pasado: génesis y desarrollo del marco institucional de la Arqueología en España, Málaga 1997*, 311-319 pp.
- SPRATS, T. (1667). *Historia de la Real Sociedad de Londres*. Traducción J.A. Delgado Luis. Ayuntamientos de La Orotava y del Puerto de la Cruz. 2002.
- TORRIANI, L. (1588). *Descripción de Las Islas Canarias*. Traducción de A. Cioranescu. Goya Ediciones. 1958 Santa Cruz de Tenerife. 298 pp.
- VIERA Y CLAVIJO, J. (1776): *Noticias de la Historia general de las Islas Canarias*. Goya Ediciones. 1966. Santa Cruz de Tenerife.
- VILLALBA, E. (1996). Importancia de los deslizamientos en la morfogénesis de los paisajes canarios. *Investigaciones Geográficas* 16. Universidad de Alicante. 171-178 pp.
- VILLALBA, E. (2003). *El Teide, una mirada histórica*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 196 pp.
- UNAMUNO, M. (1924). *Los reinos de Fuerteventura*. Divagaciones de un Confinado. Diario Nuevo Mundo. Madrid.