

RAÚL MARTÍN MORENO

Departamento de Ciencias e Ingeniería. Saint Louis University, Madrid Campus

*La Pequeña Edad de Hielo en el Alto Teide (Tenerife, islas Canarias). Menciones históricas y morfogénesis periglaciaria**

RESUMEN

El alcance e influencia de dicho periodo frío se analizan primero mediante la consulta de fuentes históricas procedentes de numerosos viajeros y exploradores desde el siglo XVII, en las que se hacen referencias al manto nival, así como a partir del estudio del coetáneo comercio de la nieve. Después, se ha realizado el análisis de las huellas geomorfológicas de algunas formas nivales y periglaciares relacionadas con esta pulsación fría histórica, consistentes en nichos de nivación y procesos intensos de crioclastia en las áreas más altas.

RÉSUMÉ

La Petite Âge Glaciaire dans le Haut Teide (Tenerife, îles Canaries). Mentions historiques et morphogénèse périglaciaire.- L'étendue et l'influence de cette période froide sont d'abord analysées à partir des sources historiques provenant des nombreux voyageurs et explorateurs depuis le XVII^{ème} siècle qui incluent des références au manteau nival, ainsi qu'à l'étude du contemporain commerce de la neige. Ensuite, on a analysé les traces géomorphologiques de quelques formes nivales et périglaciaires liées à cette épisode froide historique, consistantes en niches de neige et processus internes de cryoclastie dans les zones les plus hautes.

ABSTRACT

The Little Ice Age in the High Teide (Tenerife, Canary Islands). Historic mentions and periglacial morphogenesis.- We examine the range and influence of this cold period firstly through the use of the historical sources belonging to travellers and explorers from XVIIth century, where they describe the snow mantle, and also through the study of the contemporary snow trade. Secondly, we study some periglacial landforms related with this cold episode, mostly snow hollows and intense freeze-thaw cycle in the highest areas.

Palabras clave/Mots clé/Keywords

Pequeña Edad del Hielo, viajeros y exploradores, mercado de la nieve, morfogénesis periglaciaria, Alto Teide.

Petit Âge Glaciaire, voyageurs et explorateurs, commerce de la neige, morphogénèse périglaciaire, Haut Teide.

Little Ice Age, travellers and explorers, snow trade, periglacial morphogenesis, High Teide.

I. INTRODUCCIÓN

Diversos autores (Morales y otros, 1977; Martínez de Pisón y Quirantes, 1981; Romero, 1992) describieron por primera vez formas de tipo periglaciaria en las

Cañadas y el Teide, antiguas, recientes y actuales, entre ellas algunas masivas, derivadas de procesos de acumulación y deslizamiento, desde canchales a lenguas gelifluídicas, que inicialmente atribuyeron al Würm. Ciertos derrubios ordenados o *grèzes litées* adjudicados también en un principio a las últimas fases pleistocenas (Romero, 1992), así como determinados conjuntos de crioclastos localizados al pie de las paredes de las Cañadas (Martínez de Pisón y Quirantes, 1981a), podrían sin embargo corresponder a épocas más modernas, holocenas o la

* Agradecimientos: a mis directores de tesis, Francisco Alonso y Eduardo Martínez de Pisón. Al Departamento de Geografía de la Universidad de La Laguna. A Carmen Romero, por poner a mi disposición su extenso archivo histórico sobre las Canarias.

misma Pequeña Edad del Hielo (PEH). Estos mismos autores revisaron posteriormente en este sentido la edad y tipología de determinados depósitos de la ladera de las Cañadas, y los localizaron en cartografía que permanece inédita (Martínez de Pisón y otros, 1995). En otras islas del archipiélago canario se han descrito también otras formas periglaciares probablemente relacionadas con la PEH. En efecto, Pérez Martín (1984) menciona en La Palma coladas de piedras de origen posiblemente gelifluidal, a las que califica de «subrecientes».

Aunque se asume la existencia de una clara acentuación del periglaciario en el Teide durante el Pleistoceno reciente, existen pocos trabajos que mencionen directamente al periodo de la PEH. Romero y otros (1994) diferencian hasta seis grandes fases evolutivas morfoclimáticas en las Cañadas del Teide desde la formación de la Caldera, la última de las cuales estaría relacionada con la PEH y con una mayor innivación. Martínez de Pisón y otros (1992) son de la misma opinión. Posteriormente, Quirantes y Martínez de Pisón (1994) sí relacionan estrechamente la intensificación de los procesos periglaciares en el Teide y las Cañadas con la PEH y una mayor incidencia de la innivación, durante la cual la nieve tendría tanto una mayor abundancia como una más larga permanencia.

El presente trabajo investiga la posible existencia de un periodo frío durante los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX principalmente, conocido como la ampliamente extendida fase de la PEH, así como sus posibles manifestaciones periglaciares en el pico del Teide. Dicha investigación está dividida en dos partes diferenciadas. La primera se basa en la búsqueda de referencias históricas sobre la PEH, principalmente en el Teide; aunque también se puede hacer mención al resto del archipiélago canario. La segunda se dedica a los resultados de campo obtenidos sobre el terreno centrados en las formas periglaciares de dicho periodo frío.

II. ÁREA DE ESTUDIO

El archipiélago canario, localizado a unos 28° de latitud N, a tan solo 100 km de la costa africana, está constituido, como es sabido, por un conjunto de edificios volcánicos independientes en el talud y la plataforma continental. El estratovolcán del Teide, que con 3.718 m s. n. m. constituye la cumbre de mayor altitud del territorio español (Fig. 1), pertenece a la estructura volcánica poligénica del edificio Teide-Cañadas (Araña y otros, 1989; Romero y Dóniz, 2002; Martínez de Pisón y otros, 2009), y constituye un volcán doble en el único

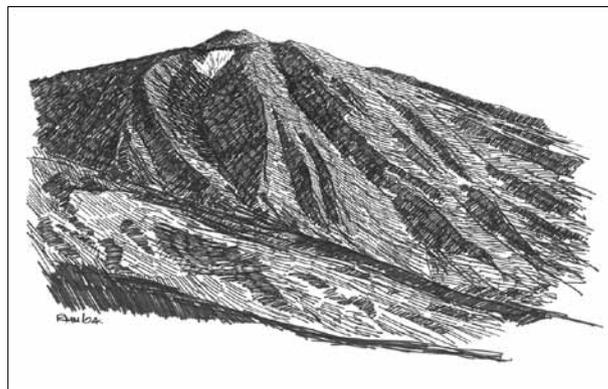


FIG. 1. Estratovolcán del Teide (3.718 m s. n. m.). Barranco de La Corbata entre las coladas negras.

edificio generado por la imbricación de productos emitidos a partir de las dos bocas de emisión fundamentales, cráter superior del Teide y Pico Viejo, alineadas de NE a SW (Martínez de Pisón y Quirantes, 1981a; Martínez de Pisón, 1986). Litológicamente, aparecen numerosas tipologías de lavas, como cabría esperar de un estratovolcán complejo y antiguo: malpaíses, coladas traquibasálticas, bolas de acreación de gran tamaño, coladas negras, etc. (Martínez de Pisón, 1986).

III. MENCIONES HISTÓRICAS

1. MENCIONES HISTÓRICAS

POSIBLEMENTE RELACIONADAS CON LA PEH

Desde antiguo se ha constatado la presencia regular de nieve en el pico del Teide. El nombre de «Tenerife» fue dado por los moradores nativos de la isla de Palma, porque «tener», en el lenguaje de tales nativos palmeros, significaba «blanco», «brillante» o, más concretamente, «nieve», e «ife», una montaña (Tejera, 1991). De hecho, por la misma razón, la isla fue denominada en la antigüedad como «Nivania».

Existen numerosos relatos de viajeros y naturalistas que en sus observaciones y ascensiones al Teide mencionan las características nivales del estratovolcán. Además del interés geográfico y de la admiración paisajística, la cubierta nival del Teide también suscitó posteriormente una notable atención como suministro de hielo a las poblaciones de la isla, hasta el punto de llegar de desarrollar una compleja y desarrollada actividad profesional. Gracias a los documentos históricos existentes, relacionados tanto con las múltiples expediciones al Teide como con

el uso de la nieve, podemos extraer una serie de deducciones sobre cómo fueron las características nivales del Teide durante los últimos siglos¹.

2. REFERENCIAS HISTÓRICAS Y RELATOS DE VIAJEROS SOBRE LA NIEVE EN EL TEIDE DURANTE LA PEH

El pico del Teide ha suscitado un profundo interés para gran número de exploradores y viajeros desde antiguo (Martínez de Pisón y Álvaro, 2002), que llegaban hasta él con la intención de ascender a unos de los «más elevados conos volcánicos del Globo»², según las propias palabras de Ramón Masferrer y Arquimbau. Carballo Wanguemert dice del Teide, tan sólo unos años antes, en 1862, «que figura entre las alturas más elevadas del Globo [...], y tanto difícil y peligrosa subida»³.

Con intención de escalar tan elevadísima cima, destacan entre otros los más renombrados viajeros, naturalistas, geógrafos y geólogos europeos de la época: Scory, 1629; Edens, 1715; Feuillée, 1724; Lapeyrouse, 1791; Viera y Clavijo, 1799; Humboldt, 1799 y 1804; Cordier, 1803; Bunch, 1815; Berthelot, 1825, 1827 y 1828; Webb, 1828; Piazzini Smith, 1846; Saint Claire Deville, 1848; Lyell, 1854; Hartung, 1848; Frietsch, 1863; Duque de Sajonia Weimar, 1848; Graef, 1862; Michoucho y Woll, 1862; Haechel, 1864; Fenci, 1865; Denidof, 1869;

¹ No son las únicas referencias sobre la nieve en el Teide, pues tampoco este fenómeno pasó desapercibido para la curiosidad de los cronistas en otras islas del archipiélago canario, como en el caso de la de La Palma. Así, Alonso de Santa Cruz (*Islario general de todas las islas del mundo*, pp. 348-349) describe a mediados del siglo xvi las montañas de La Palma «como una gran sierra, casi siempre cubierta de nieve», argumento que justifica no sin cierta exageración: «[...] donde muchos se han perdido de frío, yo vi un recuero y un negro que se les cayeron los pies» (F. Morales Padrón, 1991: *Canarias en los cronistas de Indias*. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas, p. 29). Casi cien años más tarde, en 1627, el cuaderno de noticias del archivo del marqués de Guisla, titulado *Cosas notables*, habla de una gran nevada acaecida el 27 de diciembre: «[...] llovió en esta isla un aguacero tan grande con el cual cayó tanta cantidad de nieve, que se hicieron y congelaron torales tan grandes como pipas; y en lo que hay más que reparar es que en la costa de la mar nevó en la forma dicha y en el Tejal del barrio del Cabo se hicieron torales que arriba digo, y en toda la ciudad» (J. B. Lorenzo Rodríguez, 1987: *Noticias para la historia de la Palma*. tomo 1, Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, p. 197). En la actualidad no se han constatado, en ninguna de las islas del archipiélago canario, nevadas a nivel del mar; aunque sí se llegan a producir fenómenos con granizo, los cuales no deben ser confundidos con nevadas. A mediados del siglo xviii Joseph de Viera y Clavijo, en una descripción de las bondades de las aguas de La Palma, escribe: «Nieve en sus cumbres y dura la nieve todo el año en sus barrancos» (Joseph de Viera y Clavijo, 1982: *Noticias de la historia general de las islas Canarias*, 8.ª ed., tomo II, Goya Edic., p. 404).

² Ramón Masferrer y Arquimbau (1879): «Sucinta noticia de una excursión al pico de Teide». *Anal. de la Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo VII.

³ B. Carballo Wanguemert (1862): *Las afortunadas*. Ed. de M. de Paz, Centro de Cultura, Santa Cruz de Tenerife, 1990.

Wernau y Hillebrandt, 1878, y un largo etcétera posterior. Durante estos siglos, el Teide se convirtió en el volcán escuela para todos estos científicos (como también lo fueron el Etna o el Vesubio), y en parada en su camino a las Américas, donde tenían también por objetivo el estudio de volcanes, pero en este caso todavía por descubrir (Martínez de Pisón, 1984). El conocimiento del fenómeno volcánico, basado en estos modelos conocidos, fue importantísimo para el desarrollo del conocimiento científico del Nuevo Mundo (Martínez de Pisón, 1993).

Sabemos que muchos de estos relatos deben ser leídos con cierta cautela, pues somos conscientes de las más que posibles exageraciones de tradición casi mítica, con las que estos viajeros tendían a estimular y fomentar su vida, y oficio, de naturalistas y exploradores.

A finales del siglo xvi, Linschoten ya habla de una montaña en la isla de Tenerife, a la que denomina «pico de Terraira» (Teide, suponemos), a la que únicamente se puede ascender en los meses de julio y agosto, «porque los demás meses está cubierta de nieve»⁴, lo que significaría que, de acuerdo con este cronista, la cobertera nival tendría una duración permanente de diez meses en las fases iniciales de la PEH. Esta descripción sobre la duración de la nieve en el Teide coincide con las escritas por un «tío del Licenciado Valcárcel», también en el siglo xvi, hasta tal punto que quizá estuviesen basadas unas en otras (práctica habitual, no obstante, entre los cronistas de la época, y, como se verá más adelante, en otras descripciones posteriores en el siglo xix): «Es Teide una montaña casi redonda y que arriba más del año cubierta de nieve y así no se sube a ella sino es en el mes de julio y agosto que suben algunos ombres a sacar piedras de açufre de lo que más alto della, dizen ques lo mejor que se save [...]»⁵.

Una de las fuentes más fiables del siglo xvi, la obra de Leonardo Torriani⁶, no hace mención a la cobertera nival, aunque sí señala las condiciones atmosféricas de la cumbre del Teide durante el verano, «en aquella altura es excesiva la sequedad [...] sin ninguna humedad durante el mes de junio», cuando, entendemos, este ingeniero italiano no encontró nieve y por eso pudo ascender al pico para realizar sus mediciones. Lo que coincidiría con lo

⁴ Jan H. V. Linschoten (1991): «Una breve descripción de las islas Canarias (1579-1592)», en *Aventuras y observaciones en la costa occidental de África y sus islas y otros relatos*. Edit. JADL, Tenerife, 19 pp.

⁵ «Descripción de las islas Canarias en virtud de mandatos de S. M.: por un tío del Licenciado Valcárcel (s. xvi)». *Revista de Historia* (La Laguna), núm. 63 (1943).

⁶ L. Torriani (1590): *Descripción de las islas Canarias*. Goya Eds., Santa Cruz de Tenerife, 1974, 298 pp.

descrito por el inglés Scory, que en su obra de 1626 ya recomienda «emprender la ascensión por mediados del estío, por no dar en los barrancos llenos de nieve»⁷, a partir de lo cual ya se puede deducir la presencia de neveros, por lo menos hasta principios del verano en las áreas más resguardadas.

En 1679, Pérez de Cristo describe el pico del Teide como «un pico siempre lleno de nieve»⁸; aunque no sin cierta imaginación, pues según sus fantásticas deducciones la presencia también de fuego en la cumbre contrarrestaba la de la nieve durante el día: «[...] de tal forma que no sentía ni frío ni calor, porque lo uno a lo otro quitaban los rigores de sus propiedades».

Existen incluso referencias históricas sobre nevadas estivales. En concreto, Álvarez Rixo escribe en el siglo XIX lo siguiente con una curiosa definición sobre la nieve seca: «[...] el día de San Bartolomé veinte y cuatro de agosto amaneció el Teide cubierto de nieve seca, es decir de la que se disipa dentro de veinte y cuatro horas que es pronóstico de sequedad»⁹.

Las fuentes contemporáneas consultadas descartan la posibilidad de nevadas en el verano en la actualidad.

Durante el siglo XIX serán comunes las referencias al extenso manto nival que el Teide presentaba durante una gran parte del año. Entre ellos es significativo el relato del naturalista y viajero francés Péron, sobre su viaje al Teide en 1800, donde escribe que, «debido a su altura, en las montañas de Tenerife se forma una gran cantidad de hielo»¹⁰; pues, al mencionar hielo y no nieve, podría aludir sin quererlo a un manto nival de cierta complejidad, formado a partir de una o diferentes nevadas y transformado por la alternancia de procesos de ablación y helada. Al contrario de lo que podemos encontrar en la actualidad, incluso en las partes más altas, donde la nieve se caracteriza por estar formada generalmente a partir de un único evento de precipitación nival, y por una corta permanencia aún incluso durante el invierno¹¹.

⁷ E. Scory (1626): «Observaciones de sir Edmond Scory, caballero inglés, acerca del pico de Tenerife y otras particularidades que notó en dicha isla». Museo Canario, núm. 8 (1936), por B. Bonnet.

⁸ C. Pérez del Cristo (1626) (ed. de 1996): *Excelencias y antigüedades de las siete islas de Canaria*. Edición facsimilar.

⁹ J. A. Álvarez Rixo (1994): *Anales del Puerto de la Cruz, de la Orotava, 1701-1872*. ACT. Ayunt. Pto. Cruz. Sta. Cruz de Tenerife, 278 pp.

¹⁰ F. Perón (2000): «Notes sur les Canaries el particulièrement sur Tenerife», en Pico y Cobella: *Viajeros franceses a las islas Canarias*. Instituto de Estudios Canarios.

¹¹ Debido a la posición latitudinal y la altitud a la que se encuentra el Teide, la nieve recién caída sufre una transformación casi inmediata por la elevada cantidad de radiación solar recibida incluso durante el invierno, lo que no está relacionado con la complejidad del manto nival. No se debe confundir, por

Sin duda, una de las descripciones científicas pioneras y de más valor, tanto por el trabajo en sí como por el autor que la realiza, es la de Humboldt de 1799¹², en la que advertía que si ya en verano la ascensión del Teide era un intento de difícil realización, en invierno constituía una empresa completamente destinada a fracasar; por la presencia de nieve y hielo, se entiende. De la misma opinión es Thomas Debary: «[...] habiéndome dicho que era casi imposible ascender al Pico en invierno [...]»¹³; aunque no sabemos si esta opinión se basa en su propio criterio, o más bien está fundamentada en los escritos del popular geógrafo germano.

La ascensión de Buch, en 1836, se ve truncada a principios del mes de mayo por la presencia de nieve, razón por la cual deciden posponerla al día 18 del mismo mes. A partir de entonces encontrarán nieve, aunque no en grandes cantidades, tal y como describe a continuación el propio Buch: «A pesar de esto, estas dificultades no son en nada comparables a las de una ascensión a la cima de uno de los picos cubiertos de nieve de los Alpes»¹⁴.

Uno de los primeros relatos en castellano, escrito en 1846 de la mano de Pruneda, menciona las «grandes nevadas que cubren el pico», que le confieren un aspecto de «pirámide de plata bruñida»¹⁵. Sin embargo, en una expedición anterior de José M. Sillito y Ballester, de 1824, concretamente, no describe manto nival alguno, pues se desarrolla durante el mes de agosto; aunque sí que alude a «las grandes nevadas que se experimentan en las montañas de Tenerife»¹⁶, opinión posiblemente basada en la lectura de escritos anteriores y no en sus observaciones personales. Puesto que la mayoría de las expediciones posteriores al pico del Teide tenían lugar en el mes de agosto y septiembre¹⁷, en gran medida, tal y como hemos

tanto, esta nieve helada (que se forma hielo con una gran facilidad en invierno y primavera, pues en atmósfera seca y fría se hace una costra helada) con la que observó Perón durante el verano, pues se trataría de nieve residual del invierno congelada. Este tipo de neveros, aunque pueden estar presentes en la actualidad, son ya escasos.

¹² A. de Humboldt (1995): *Viaje a las islas Canarias*. Edición, estudio crítico y notas de Manuel Hernández González, Francisco Lemus Editor, 209 pp.

¹³ T. Debary (1851): *Notas de una residencia en las islas Canarias ilustrativas del estado de la religión en ese país*. Edic. JADL, La Orotava, 1992.

¹⁴ L. Buch (1836): *Descripción física de las islas Canarias*. Traducción de J. A. Delgado, La Laguna, 1999.

¹⁵ V. Pruneda (1848): *Un viaje a las islas Canarias*. Teruel.

¹⁶ J. M. Sillito y Ballester (1846): *Viage al pico de Tenerife. Descripción geológica de este monte volcánico*. Santa Cruz de Tenerife.

¹⁷ De acuerdo con el gran explorador sir Richard Francis Burton, los meses usuales para la ascensión del Teide eran julio y agosto, si bien él ascendió dicho pico en marzo de 1865, cuando «todo era blanco como una tarta nupcial [...] y la mayor profundidad de la nieve era 3 pies [91 cm]» (R. F. Burton, 2004: *Mis viajes a las Canarias, 1863, 1883, 1893, 1898*. Nivaria Ediciones, La Laguna, p. 249).

visto, siguiendo los consejos de Humboldt, las referencias sobre la nieve allí presente no son tan abundantes. No obstante, en algunas de ellas es posible hallar ciertas menciones a neveros residuales que allí se podían encontrar durante el verano. En efecto, Carballo Wanguemert (1862) describe cómo encuentran en su descenso desde la cumbre «huecos llenos de un agua muy fría y helada en las orillas, y en otros muchos cubiertos por la nieve que cae en el invierno, la cual se conserva allí todo el año [...]»¹⁸.

De gran interés es el relato de Ernesto Haeckel de su ascensión del pico del Teide en 1867, no sólo por las menciones a la presencia de nieve en el volcán durante el mes de noviembre, cuando visitó el Teide, sino por aludir al hecho de lo fácil que es confundir los destellos sobre la roca con la cubierta nival, razón quizá por la cual algunos otros viajeros describen el pico del Teide siempre nevado, incluso durante el verano:

¿A qué era debido, empero, el brillo inusitado de la cumbre argentina de la pirámide? Sin duda se trataba o bien de nieve, o de la reflexión de los rayos solares contra el manto de piedra pómez que cubre la porción más eminente del pico, y que, según los relatos de viajes, incluso en el rigor del verano, cuando difícilmente queda nieve en aquél, engaña al desprevenido viajero con la apariencia de una elevada cumbre. Se trataba de nieve, pues bien hubimos de comprobarlo durante nuestra ascensión, y bien marcado queda en nosotros el recuerdo de aquel brillo argénteo traicionero¹⁹.

Buch mencionó ya en 1836 el mismo fenómeno: «Como en los campos de nieve [de los Alpes], los hombres se pierden aquí sobre la pendiente casi sin límites, recubierta de piedra pómez de una blanca resplandeciente».

Durante la épica escalada al Teide de Haeckel, describe desde la Estancia de los Ingleses, a 8.500 pies de altitud, la abundante presencia de nieve: «A cada paso temblábamos ante la idea de resbalar sobre la nieve o hundirnos entre la que cubría los espacios que entre sí quedaban entre los grandes bloques». Un poco más tarde, en 1883, Stone es más específico respecto a la duración de la nieve en el pico del Teide, pues según este viajero inglés por «seis meses al año el pico está cubierto por nieve»²⁰.

3. EL COMERCIO DE LA NIEVE EN TENERIFE

El auge del consumo de la nieve, no sólo en la isla de Tenerife, sino también en toda la península ibérica, se atribuye en parte a las supuestas bondades para la salud atribuidas a la nieve por algunos médicos de renombre de la época (Miranda, 2004). Según la misma fuente, el uso de la nieve permaneció casi olvidado durante la era medieval, aunque estuvo muy extendido previamente entre los árabes. No parece, por tanto, una casualidad que el comienzo del uso de nieve, tanto en las islas Canarias como en el resto de la geografía peninsular, coincida con el inicio de la Pequeña Edad de Hielo tras el denominado Periodo Cálido Medieval u Óptimo Medieval²¹.

A partir del siglo XVII, el auge del comercio de la nieve es un hecho en la isla de Tenerife. Existen numerosos relatos que aluden al comercio de la misma en la isla de Tenerife. Desde Sprats en 1667²² a Humbolt en 1799, así como otros viajeros, aportan comentarios desde los siglos XVII al XIX.

Al principio, la cueva de Hielo (situada a 3.350 m s. n. m.) suministraba hielo suficiente para cubrir las necesidades de algunas poblaciones tinerfeñas durante los calurosos meses de verano; Miranda (2004) aporta una extensa recopilación de descripciones sobre la misma, desde la primera de Sprats en 1649 antes referenciada, hasta las más contemporáneas. Lo muestra la gran cantidad de hielo y nieve allí presente incluso durante el periodo estival, en claro contraste con lo que sucede en la actualidad, pues ya no siempre es posible encontrar tal cantidad de nieve y hielo durante el verano²³.

²¹ E. Martínez de Pisón (1988 [inédito]) menciona que cuando en el siglo XV llegan los españoles a las Canarias, se encuentran con unas islas cubiertas de una vegetación en gran parte distinta y mucho más importante que la de hoy en día, la que se correspondería con un periodo climático óptimo. De hecho, Font Tullot (1988) ya sugiere que la antigua denominación de «Islas Afortunadas» alude que se trataba de unas islas paradisíacas, fértiles y con una vegetación exuberante en el mismo periodo.

²² T. Sprats (1998): *Historia de la Real Sociedad (Relación sobre el Pico de Tenerife, recibida de unos importantes mercaderes y hombres dignos de crédito que subieron a la cima)*. Publicado en *Crónica del descubrimiento y conquista de Guinea*, traducción de J. A. L. D., La Orotava.

²³ Algunas fuentes (*Catálogo Espeleológico de Tenerife*, Cabildo de Tenerife, 1995) aluden al hecho de que hace años el Ejército dinamitó el interior de la cueva para extraer el hielo en grandes cantidades, lo que generó una mayor fracturación de la roca (ya en la década de 1970 la boca de acceso estaba ensanchada por el hombre, a fin de entrar más fácilmente). Aunque desde la perspectiva de esta investigación nos inclinamos más por la teoría de una neta reducción actual de las nevadas en el Teide y un incremento térmico. Así es, a principios de los ochenta, aún era posible observar una gran cantidad de hielo parietal y carámbanos, mucho mayor que la presente en la actualidad.

¹⁸ B. C. Wanguemert (1862): *Las Afortunadas*.

¹⁹ E. Haeckel (1867): «Una ascensión al Teide. A propósito del próximo Congreso Geológico». Relato traducido del alemán por Juan Carandell, prólogo de J.C.P. *Publicaciones de Revista de Segunda Enseñanza* (Madrid), 1925, 96 pp.

²⁰ O. Stone (1883): *Tenerife y sus seis satélites o pasado y presente de las islas Canarias*. Cabildo de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 1995, pp. 175-178.

Según crecía la demanda de hielo de los canarios, la cueva de Hielo²⁴ no pudo abastecer sus necesidades, por lo que los arrieros subían a buscar nieve a la cumbre dorsal de la isla, y la recogían en los puntos más cercanos en que la encontraban. La nieve se acopiaba regularmente de los ventisqueros naturales, oquedades y grietas localizadas por encima de los 2.000 m. En efecto, en el área de Baute, a una altura de tan sólo 1.500 m de altitud, Miranda (2004) escribe que los lugareños se acercaban a los ventisqueros naturales allí existentes, desde donde trasladaban la nieve a la ciudad de Santa Cruz, en un recorrido que implicaba al menos ocho horas. La recogida de esta nieve, sin la necesidad de usar pozo alguno, es ya de por sí otro magnífico ejemplo de la abundancia nival en la isla de Tenerife durante el periodo conocido como la PEH.

Más tarde, el auge del comercio de la nieve fue tal que se empezaron a construir pozos de nieve, donde se conservaba mejor en verano y se extraía más cómodamente. Si es en 1699 cuando se construye el primer pozo de nieve del Cabildo Catedralicio de Canarias en Gran Canaria, no será hasta 1750 cuando se nombre al menos el primer pozo de nieve en la isla de Tenerife, concretamente en Arafo. Uno de los primeros dueños de esta explotación, Joseph de Baute (mencionado en Miranda, 2004), explica cómo su negocio se veía perjudicado por las gentes que recogían la nieve que se acumulaba hasta el verano en el barranco de «la Montaña del Volcán», en alusión al volcán de Arafo, de 1.500 m de altitud, y no al del Teide. Es obvio que esta práctica «furtiva» sería prácticamente imposible en la actualidad por la inexistencia de nieve en el verano a tan baja cota²⁵.

Existían además otros pozos de nieve en la isla de Tenerife, como los localizados en La Orotava y los de Izaña, a unos 2.300 m de altitud, cuyas áreas fuentes para su suministro se encontrarían en los alrededores, «donde se encierra la nieve que cae en el término marcado»²⁶.

Otra prueba que nos hace pensar en la cercanía de las áreas fuentes y, por tanto, en la abundancia de nieve a alturas relativamente poco elevadas en aquellas épocas es el enorme trabajo que supondría el acumular la nieve en

los pozos debido a su gran tamaño²⁷. Además, no se debe olvidar que la nieve acumulada en los pozos de nieve sufre una importante pérdida de volumen por transformación y comprensión (principalmente debido al trabajo de los «pisoneros», los cuales se encargaban de compactarla pisándola en el interior de pozo, con lo que se lograba no sólo optimizar el espacio, sino aumentar la densidad de la nieve, con lo que se ralentizaba su ablación), lo que haría necesario un elevadísimo número de acarreo pese a los 40 kg de nieve que en un principio eran capaces de transportar los neveros o acarreadores de nieve en un solo viaje. La cantidad de nieve que sería necesaria transportar desde los lugares fuentes hasta éstos debía de ser por tanto ingente. Por ello, deducimos también que las áreas fuentes se encontraban entonces a más baja altitud que la actual, pues de lo contrario los pozos de nieve en Tenerife habrían tenido una escasa viabilidad.

Se ha de mencionar que el comercio de nieve en Tenerife producía la suficiente nieve como para exportarla regularmente a la isla de Gran Canaria desde el siglo XVII al XIX, lo que nos señala cuán grande era la cantidad de nieve allí producida como para permitirlo, más aún si tenemos en cuenta la lentitud del transporte insular de entonces²⁸.

El ocaso del comercio de la nieve en Tenerife se produce a finales del siglo XIX, en parte como consecuencia de la llegada de la industria del hielo²⁹, pero también como resultado del descenso de las nevadas y el incremento de las temperaturas tras el extendido periodo de la PEH³⁰.

IV. LA MORFOGÉNESIS PERIGLACIAR DURANTE LA PEH EN EL ALTO TEIDE

Como se acaba de ver en el apartado anterior sobre las referencias históricas, parece evidente que durante la PEH se produjo un descenso térmico, lo que se tradujo en un sensible incremento de las precipitaciones nivales.

²⁴ La de Altavista no es la única cueva de hielo en el Teide, si bien sí la más importante. Existen otras menores, menos elevadas o más retiradas, en Montaña Rajada, los Roques Blancos, pico Viejo, así como en fisuras donde la nieve residual perdura más tiempo.

²⁵ Deducimos que la recogida de nieve directamente desde el terreno, sin el uso posterior de los pozos, se llevaba a cabo en verano (o al menos al principio del mismo) y no en invierno, debido a que el comercio de la nieve no era tan rentable durante los meses más frescos. Este hecho nos parece, por tanto, muy significativo.

²⁶ Archivo Municipal de La Orotava. Libro de actas municipales de 1857.

²⁷ Sólo en la meseta del volcán de Arafo existían hasta un total de ocho pozos de nieve, las dimensiones de algunos de los cuales eran de varios metros de diámetro por otros tantos de profundidad.

²⁸ B. Cologan narra en 1799 que se llevaban la nieve desde la cueva de Hielo del Teide a otras islas en barca a remo (*Viaje al pico de Teidix en septiembre 1799*. Manuscrito inédito, AHPST, Archivo Zárate-Cologan, R-64).

²⁹ La oferta de hielo artificial data de 1893, con la instalación de la fábrica denominada El Teide (Miranda, 2004).

³⁰ La evolución térmica más completa de la que se dispone es la serie del Observatorio de Izaña, del que existen registros desde 1916, que muestran un incremento de la temperatura de más de un grado.

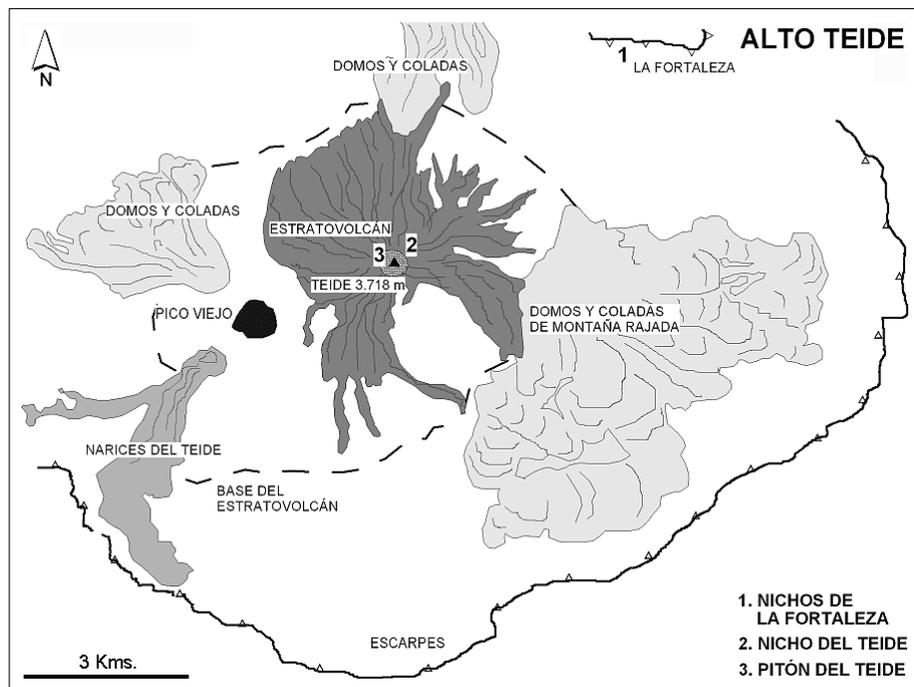


FIG. 2. Mapa simplificado del ámbito del Alto Teide

Teóricamente, este cambio en las condiciones climáticas pudo repercutir sobre la morfogénesis periglacial. En la actualidad, se pueden observar en el alto Tenerife y en el Teide ciertas formas que pueden estar relacionadas con la PEH (Fig. 2), tales como nichos de nivación y acumulación de crioclastos principalmente

1. LOS NICHOS DE NIVACIÓN DE LA FORTALEZA

La Fortaleza constituye un elemento aislado del edificio de las Cañadas, localizado al NNE de la Caldera, separada del resto hacia el SE por la depresión del Portillo y sin continuidad hacia el W (Martínez de Pisón y Quirantes, 1981a). La pared tiene 1,8 km de longitud y una altura de más de 100 m, con una orientación S, y SW en su extremo, donde se incurva ligeramente. La Fortaleza está estructurada en dos sectores claramente diferenciados: a) uno inferior de carácter vertical, donde la disyunción columnar es más evidente; b) y otro superior, ligeramente retranqueado y sumamente erosionado (Fig. 3). Este sector del escarpe presenta numerosas formas de excavación localizadas en el sector superior de la pared; las más frecuentes corresponden a incisiones torrenciales incipientes y a la acción de la crioclastia, mientras que la existencia de claros recuencos muy bien definidos hace pensar en la probabilidad de que correspondan a nichos

de nivación recientes (Fig. 3). Estos posibles nichos de nivación ya fueron constatados por Martínez de Pisón y otros (1995), y con anterioridad en los trabajos de campo realizados por Martínez de Pisón y su equipo durante la década de 1980.

En concreto, se trata de una serie de cuencos repartidos homogéneamente a lo largo de la pared, con unas dimensiones de cierta igualdad de hasta 15 m de anchura, mientras que la longitud implica casi la totalidad del tramo superior del escarpe. La excavación erosiva se limita únicamente al citado sector de la pared, coincidiendo el nivel inferior de todos los nichos con el contacto entre ambos sectores, donde la lava es más masiva y por tanto resistente a ser excavada.

Desde el punto de vista de esta investigación, cabe preguntarse sobre una posible relación de las formas de estos nichos de nivación con efectos derivados de la PEH. Hay algunos hechos que podrían inclinar a un modelado de este episodio: la perfección y frescura de sus formas, la erosionabilidad de la litología del sector superior y el efecto ventisquero relacionado con el arrastre de la nieve por los vientos del NW. Pero también son diversas las razones en contra de esta hipótesis, pues incluso valorando el evidente y constatado, aunque relativo, incremento nival acaecido durante la PEH, su posición en solana difícilmente, aun entonces, permitiría suficiente acumulación de nieve como para labrar tales formas, además de

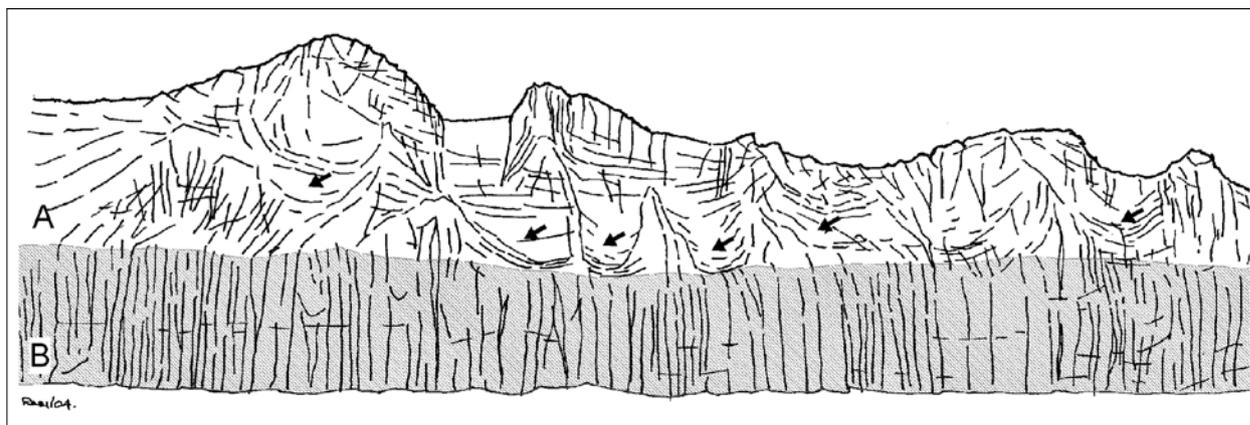


FIG. 3. Esquema morfoestructural de La Fortaleza. Obsérvese la localización de los nichos en relación con el contacto de los dos tipos de lavas (A y B).

la escasa cota a la que se ubican: 2.200 m s. n. m (más de 1.000 m por debajo que los nichos de nivación del estratovolcán incluidos en el presente artículo). Además, parece difícil relacionar la magnitud de estas morfologías nivales con un periodo tan limitado como fue la PEH. Por eso, es más lógico pensar que se trate de nichos de nivación bastante más antiguos, de las fases iniciales del Holoceno e incluso del Pleistoceno reciente, coetáneos a las grandes formas periglaciares presentes en las Cañadas, reactivados, eso sí, de modo más restringido, durante la última pulsación fría histórica, es decir, de la PEH.

Constituyen, así, nichos de nivación de carácter mixto, cuyas formas no se deben en exclusiva a la erosión nival, sino a una acción conjunta en la que habrían intervenido agentes torrenciales, crioclastia y, claro está, la misma nieve en repetidas fases.

2. EL POSIBLE NICHOS DE NIVACIÓN DEL ESTRATOVOLCÁN DEL TEIDE

Las formas de La Fortaleza no son las únicas que animan a barajar la hipótesis de áreas donde la permanencia regular de nieve fue especialmente marcada durante la PEH, pues también encontramos morfologías similares, aunque no tan nítidamente labradas, en las áreas elevadas del estratovolcán. El probable nicho de nivación del Teide se localiza justo en el pequeño hombro que se forma entre el antiguo volcán del Teide y el Pitón, y se desarrolla en el cambio de pendiente a una altitud de 3.545 m s. n. m. sobre una orientación NE.

Este nicho de nivación presenta un importante tamaño relativo, con una longitud estimada de 50 m y una anchura de casi otros 20 m; la pendiente es igualmente

notable y regular, con aproximadamente un 20 % de inclinación media (Fig. 4). El nicho está confinado entre dos «morrenas» lávicas o *levées* de las coladas negras. La edad reciente de tales coladas³¹ remite a un modelado aún más joven, prácticamente subactual o actual, y obviamente breve. La acción erosiva de la nieve queda restringida a las áreas subnivales, donde se produce un lavado y arrastre de los materiales sueltos en un sistema de transporte directo de cierta entidad, si se tiene en cuenta el medio morfoclimático subtropical donde se localiza. El resultado es el lavado de finos y de los citados materiales disgregados, y la aparición del sustrato inferior más compacto. La acción pronival está también presente, observándose una clasificación y ordenación de materiales en las áreas pronivales a media altura, la que se corresponde con el nivel medio que presenta el nevero a lo largo del invierno³². Pese a la localización de este nicho justo por debajo de la cota donde aparecen las anomalías térmicas

³¹ Atribuida en un principio a la erupción descrita por Colón en 1492, en la actualidad se barajan tres dataciones: pertenecientes al siglo XIV (Soler y otros, 1984; Soler y Carracedo, 1986, citados en Martínez de Pisón y otros, 2009); de una edad de 800 +/- 300 años; y una tercera que propone una edad de 1147 +/- 140 años (Carracedo y otros, 2006, citado en Martínez de Pisón y otros, 2009).

³² La comparación con los neveros temporales presentes en altas latitudes y altitudes arrojaría de nuevo valores opuestos a los del caso subtropical del Teide, pues la acción pronival es en aquellas más evidente en forma de *protalus rampart* bien definidos y de entidad. Estas diferencias respecto en un área u otra también están relacionadas con las características de la nieve (además de otros factores como las características del nevero, aporte de materiales, etc.), pues en los medios subtropicales, como el del Teide, los materiales tienden a hundirse más en la misma, por la absorción de radiación y la posterior irradiación por parte de los materiales, lo que dificulta su desplazamiento sobre la nieve. Además, no se debe olvidar que aquí la nieve llega a desarrollar morfologías nivales típicas como los penitentes, donde lógicamente los materiales quedan atrapados. Los penitentes del Teide ya fueron motivo de estudio en la década de 1980 (Martínez de Pisón y Quirantes, 1981b).

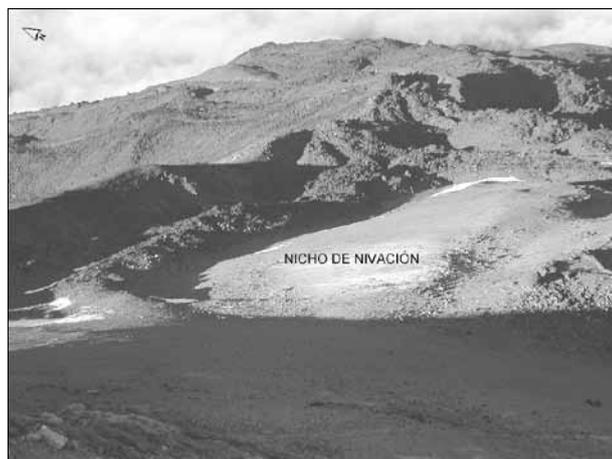


FIG. 4. Posible esbozo de nicho de nivación del Teide adaptado al contorno de las coladas, donde se puede apreciar el lavado de materiales por las aguas de fusión (en el centro de la imagen).

del suelo (lo que, por otro lado, también nos confirma la mayor permanencia de nieve aquí), no se debe descartar del mismo modo una cierta acción geotermal derivada o puntual, lo que contribuye a fomentar en gran manera la circulación de aguas subnavales por la liberación de calor y, consecuentemente, el transporte de materiales bajo el nevero.

De acuerdo con las características arriba expuestas, no podemos considerar estas formas como nichos de nivación propiamente dichos, pues se adaptan a una morfología preexistente, sin llegar a labrar una original que la asiente, sino como un retoque nival adaptado a las morfoestructuras lávicas. Esto manifiesta de nuevo la importancia de las formas volcánicas previas, además de su condicionamiento en los procesos periglaciares³³. Parece más adecuado hablar, por tanto, de «pseudo-nichos de nivación» o «nichos de nivación condicionados», aplicables no sólo a los medios subtropicales de carácter volcánico, como en el caso del Teide, sino a cualquier ámbito frío donde la nieve se acumule regularmente aprovechando una morfología previa sin llegar a crear una forma propia, aunque produciendo una diferenciada remodelación nival en el sustrato.

Los nichos de nivación del estratovolcán siguen presentando cierta funcionalidad en la actualidad, ya que, aunque las tasas de innivación son inferiores respecto

a las de la PEH, las leyes de distribución y permanencia de la nieve siguen siendo las mismas. Tan sólo se debe tener en cuenta una menor duración de la nieve en el nicho y, por consiguiente, unas más bajas tasas de erosión subnival.

3. LA MORFOGÉNESIS PERIGLACIAR EN EL PITÓN DEL TEIDE DURANTE LA PEH

Es en las partes más elevadas del Teide donde también la agudización de los caracteres climáticos extremos de Tenerife fue más notable. En efecto, a estas condiciones correspondería una intensa crioclastia que durante la PEH afectó al Pitón del Teide, principalmente en su vertiente norte (Quirantes y Martínez de Pisón, 1994; Martínez de Pisón y otros, 1995). Las coladas negras que se vierten desde el cráter cimero, que datan del siglo XIV y que llegan a cubrir casi por completo la morfología previa del sector cimero del estratovolcán, presentan una elevada vulnerabilidad a la crioclastia.

La principal característica de este sector es la clara diferenciación entre el pitón superior totalmente gelifractado (por encima de los 3.545 m) y las coladas negras que descienden desde la cumbre, mucho menos alteradas por la crioclastia, pese a pertenecer a la misma colada lávica (Fig. 5). Las diferencias morfológicas a partir de la mencionada cota son tan evidentes que hacen pensar en dos medios morfogenéticos, pese a su idéntica naturaleza y proximidad altitudinal. Este hecho puede ser explicado a partir de distintos factores:

- i) Por encima de los 3.540 m de altitud, justo desde donde se eleva el Pitón propiamente dicho, la permanencia de nieve es menor, debido al viento y fundamentalmente a la actividad geotermal, lo que se traduce en una más elevada exposición del sustrato ante las heladas, mientras que las áreas inferiores gozan de una mayor protección nival. Por ello, la roca sufre en el Pitón unos ciclos de hielo-deshielo más frecuentes, que terminan por producir su ruptura.
- ii) Del mismo modo, las anomalías térmicas del suelo pueden ser responsables de generar diferencias de temperaturas en el sustrato, puntuales pero igualmente significativas.
- iii) Por último, la actividad antrópica no debe ser subestimada en absoluto, pues su importancia es mucho más elevada de lo que se podría esperar en un primer momento. En efecto, la actividad

³³ E incluso en los glaciares también, pues en algunos casos excepcionales (e igualmente bellos) los glaciares se adaptan por completo a las coladas volcánicas entre las cuales descienden sus lenguas de hielo, tal y como sucedió en Auviernia, en Francia, o en múltiples casos en los altos volcanes de los Andes, etc.

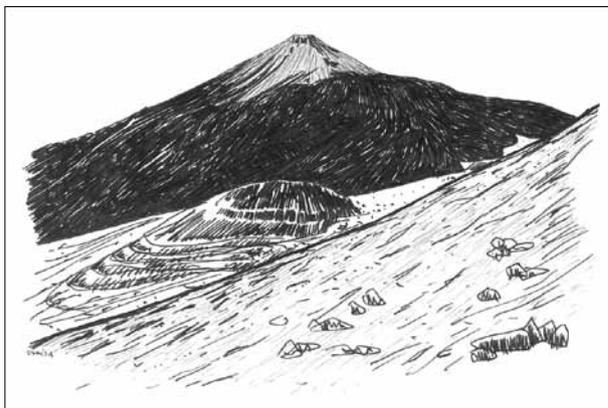


FIG. 5. Pitón del Teide desde el cráter de pico Viejo.

humana se remonta a la continua extracción de azufre que, desde la época posterior a la conquista, se ha llevado a cabo en el Pitón. Posteriormente, la masiva afluencia de turistas en la vertiente más meridional removió una cantidad muy importante de materiales, disgregándolos y fomentando la crioclastia sobre ellos³⁴.

Además, la morfología actual del área somital del Teide no sólo es resultado de fenómenos periglaciares y antrópicos; también se pueden encontrar huellas relacionadas con procesos torrenciales episódicos, ligados a fases de intensas precipitaciones históricas (Martínez de Pisón y otros, 1995).

Este incremento en los índices de crioclastia no sólo afectó a las partes más elevadas del estratovolcán, pues hemos encontrado además indicios de este incremento en las tasas de ruptura de la roca en otros lugares, como los escarpes del cráter de pico Viejo.

4. OTRAS FORMAS RELACIONADAS CON LA PEH

Ciertos autores (Martínez de Pisón y otros, 1995) concretan otras formas que fueron labradas a lo largo del Holoceno y que, desde el punto de vista mantenido a lo largo de esta investigación, seguramente debieron de sufrir durante la PEH una clara acentuación. En concreto, se trata de un modelado somero de tipo periglacial,

como canchales, conos de deyección o de incisiones que se canalizan por los márgenes de las coladas gelifluidales pleistocenas y los conos torrenciales del mismo periodo, tanto en el estratovolcán como en las Cañadas, que se superponen o remodelan las morfologías pleistocenas previas. La misma fuente señala que el funcionamiento de estas formas holocenas se prolongaría aún en la actualidad.

Existen además otras formas posiblemente reactivadas durante la PEH. Por ejemplo, la marcada incisión en la vertiente sur del Teide, denominada «la Corbata» (Fig. 2), está relacionada con fenómenos torrenciales y con la fusión de las nieves. Durante los periodos de grandes nevadas acaecidos en la PEH, es lógico también pensar en la presencia aquí de nieves estacionales, las que se acumulaban favorecidas por el recuenco natural que forma la Corbata, pese a su orientación meridional.

V. CONCLUSIONES

La presencia de nieve en el pico del Teide queda mencionada en la práctica totalidad de las crónicas de los viajeros durante los siglos de la PEH. La mayoría de ellas describen un manto nival regular, al menos, durante la mitad del año, cuando no lo hacen durante periodos superiores de hasta diez meses.

La abundancia de nieve en la isla de Tenerife permitió la prosperidad de un comercio regular basado en la recogida de la nieve en áreas relativamente poco elevadas, cuando en la actualidad sólo aparecen nevadas ocasionalmente y con una mucha menor permanencia.

A partir de estas dos grandes fuentes de información, es posible llegar a la deducción de que durante la PEH las zonas más elevadas del archipiélago canario, y el pico del Teide fundamentalmente, sufrieron un claro incremento de las precipitaciones en forma de nieve.

HIPÓTESIS 1. Es posible pensar que durante la PEH el archipiélago canario estuvo más influenciado por sistema atlánticos de origen SW que en la actualidad³⁵, y no tanto por los alisios, lo que repercutió, junto al descenso térmico, en incrementar las precipitaciones en forma de nieve en las zonas más elevadas de las islas. Estas variaciones en la actividad ciclónica no tuvieron, sin embargo, la importancia que alcanzaron durante los

³⁴ Si bien esta acción se desarrolló fundamentalmente por líneas definidas de descenso, y no de modo generalizado. Actualmente, el acceso al Pitón del Teide está restringido salvo para fines científicos.

³⁵ En efecto, Font Tullot (1988) enuncia que la gran diferencia entre las precipitaciones durante la PEH y las de hoy en día reducirían más en sus frecuencias que en sus características. Lo que, añadimos, unido al descenso térmico de la PEH, habría producido el evidente incremento de las nevadas en el Teide.

periodos fríos pleistocenos, en los que los vientos generales del oeste predominaron sobre los citados alisios durante todo el año (Martínez de Pisón, 1988), cuando las Canarias habrían conocido una mayor frecuencia del paso de borrascas en la fase antigua de este periodo por el desplazamiento meridional de las bandas climáticas³⁶ (Martínez de Pisón y Quirantes, 1994). No obstante, las precipitaciones de origen fundamentalmente orográfico tendrían, igual que en la actualidad, una gran importancia.

HIPÓTESIS 2. Según algunos autores (Martínez de Pisón y otros, 1995), no habría que suponer un cambio cualitativo en las condiciones climáticas del alto Tenerife durante la PEH, pues, según estos investigadores, no parece que se modificara sensiblemente el régimen pluviométrico. El aumento del porcentaje de precipitaciones en forma de nieve sería, por tanto, una consecuencia de un ligero descenso térmico, únicamente apreciable en las áreas más elevadas de montañas. En suma, y de nuevo recurriendo a la misma fuente, esta situación habría sido el resultado de una ligera agudización de los caracteres climáticos extremos del archipiélago.

En suma, aunque si bien todo apunta a que durante los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX se produjo una variación climática con el incremento de nevadas en altitud, en cualquier caso éstas debieron de ser menos pronunciadas que las registradas a latitudes más altas, donde el fenómeno de la PEH quedó reflejado en la práctica totalidad de los glaciares de los sistemas montañosos y medios árticos, tal y como hemos ido mostrando a lo largo de nuestras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V. (2000): «Volcanismo de las islas Canarias», en M. Astiz y A. García (eds.): *Curso internacional de volcanología y geofísica volcánica. Edición 2000*. Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote, pp. 105-114.
- F. BARBERI y G. FERRARA (1989): «El complejo volcánico del Teide-pico Viejo», en V. Araña y J. Coello (eds.): *Los volcanes y la Caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, islas Canarias)*. Icona, Madrid.
- CARRACEDO, J. C., E. RODRÍGUEZ BADIOLA, F. J. PÉREZ TORRADO, A. HANSEN, A. RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, S. SCAILLET, H. GUILLOU, M. PATERNE, U. FRA PALEO y R. PARIS (2006): «La erupción que Cristóbal Colón vio en la isla de Tenerife (islas Canarias)». *Geogaceta*, 41, pp. 39-42.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1984): «Libros de viajes». *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid*, núm. 4, pp. 57-80.
- (1986): «El Teide», en *Atlas de Geomorfología*. Madrid, pp. 77-91.
- (1988): «Repercusiones en Canarias de los cambios climáticos habidos en el hemisferio norte desde la última edad glacial (réplica a Font Tullot)» (inédito).
- (1993): «La primera imagen geográfica de los volcanes de América». *Alisios*, 3, pp. 21-35.
- y S. ÁLVARO (2002): *El sentimiento de la montaña*. Desnivel, Madrid, 384 pp.
- M. E. AROZENA, E. BELTRÁN y C. ROMERO (2009): *Los paisajes del Parque Nacional del Teide. La geografía de un patrimonio natural mundial*. Naturaleza y Parques Nacionales, Serie Técnica, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, 303 pp.
- y F. QUIRANTES (1981a): *El Teide. Estudio geográfico*. Ed. Intersular Canaria, Departamento de Geografía, Santa Cruz de Tenerife, 186 pp.
- y F. QUIRANTES (1981b): «Los penitentes del Teide». *Ería*, núm. 2, pp. 59-63.
- y F. QUIRANTES (1994): «El relieve de las islas Canarias», en M. Gutiérrez Elorza (ed.): *Geomorfología de España*. Madrid, 526 pp. (pp. 495-526).
- F. QUIRANTES y C. CRIADO (1992): «Nuevos datos sobre la evolución morfoclimática de las Cañadas (Tenerife)», en *El medio rural español. Cultura, paisaje y naturaleza*. Universidad de Salamanca, pp. 151-160.
- F. QUIRANTES, C. ROMERO, V. ARMAS y L. FERNÁNDEZ-PELLO (1995): «Dinámica morfológica holocena y actual en las Cañadas del Teide». *Report Teide* (inédito).
- MIRANDA, S. (2004): *Los pozos de nieve de Tenerife. Estudio histórico y geográfico de la explotación de la nieve en la isla de Tenerife. Siglos XVIII y XIX*. Cabildo de Tenerife, 183 pp.
- MORALES, A., F. MARTÍN y F. QUIRANTES (1977): *Formas periglaciares en las Cañadas del Teide (Tenerife)*. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 81 pp. + 15 láminas y 1 mapa.

³⁶ El autor justifica este argumento en el hecho de que durante el periodo glacial, y postglacial también, la precipitación media anual en las regiones interiores del desierto del Sahara estaría comprendida entre los 200 y 400 mm durante el último periodo boreal, esto es, 8000 Bp, en claro contraste con los 5 mm anuales que se registran actualmente en esta región. Existen, además, otros argumentos que apoyarían esta teoría, como por ejemplo la aparición de una cultura tan rica como la egipcia, resultado de la masiva migración de la población del Sahara a las orillas del Nilo.

- PÉREZ MARTÍN, J. L. (1984): «Aproximación a las formas periglaciares de las cumbres de la isla de La Palma». *Revista de Geografía Canaria*, tomo 1, núm. 0, pp. 159-173.
- QUIRANTES, F., y E. MARTÍNEZ DE PISÓN (1994): «El modelado periglaciario de Canarias», en A. Gómez Ortiz, S. Torres y S. Franch (eds.): *Periglaciario en la península ibérica, Canarias y Baleares*. Monografías de la SEG, Granada, 7, pp. 203-216.
- ROMERO, C. (1992): *Estudio geomorfológico de los volcanes históricos de Tenerife*. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 265 pp.
- y J. DÓNIZ (2002): *Los relieves volcánicos españoles*, 20 pp. (inédito).
- E. MARTÍNEZ DE PISÓN, F. QUIRANTES y V. ARMAS (1994): «Morphoclimatic evolution of Las Cañadas and Teide (Project # 5b)», en V. Araña: *European laboratory volcanoes: Teide. Definition of the fine structure and plumbing system aimed at eruption prediction, hazard assessment and eruptive mechanisms understanding*, progress report, nov. '93-nov. '94, Environmental Research Programme 1991-1994, European Commission.
- SOLER, V., y J. C. CARRACEDO (1986): «Aplicación de técnicas paleomagnéticas de corto periodo a la datación del volcanismo subhistórico de la isla de Tenerife». *Geogaceta*, núm. 1, pp. 33-35.
- J. C. CARRACEDO y F. SELLER (1984): «Geomagnetic secular variation in historical lavas from Canary Islands». *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 78;, pp. 313-318.
- TEJERA, A. (1991): *Mitología de las culturas prehistóricas de las islas Canarias*. Universidad de la Laguna, La Laguna, 79 pp.