

Fósiles de vegetales en depósitos carbonáticos de la Rambla de Castro (norte de Tenerife, islas Canarias)

ARNOLDO ÁLVAREZ¹, JUAN J. COELLO-BRAVO², JAIME GIL³
FELIPE SIVERIO⁴, ALBERTO GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ⁵ & ESTHER MARTÍN-GONZÁLEZ²

¹C/ Marañuela, 1. 38300, La Orotava, Tenerife, Canarias.
aalvaresc@hotmail.com

²Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, c/ Fuente Morales, s/n, 38003,
Santa Cruz de Tenerife, Canarias. mmartin@museosdetenerife.org;
jcoello@museosdetenerife.org

³Centro de Agrodiversidad de La Palma. Laboratorio de Agrobiología
Juan José Bravo Rodríguez. Finca Miraflores. 38700, Santa Cruz de La Palma, Canarias.

⁴Grupo de Ornitología e Historia Natural de las islas Canarias (GOHNIC),
La Malecita, s/n, 38480, Buenavista del Norte, Tenerife, Canarias.
felipe.siverio@telefonica.net

⁵Área de Paleontología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna.
alberto.gr.93@outlook.com

ÁLVAREZ, A., J. J. COELLO-BRAVO, J. GIL., F. SIVERIO, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ & E. MARTÍN-GONZÁLEZ (2019). Plant fossils on carbonatic deposits from Rambla de Castro (Tenerife, Canary Islands). *Vieraea*, 46: 171-202. <https://doi.org/10.31939/vieraea.2019.46.tomo01.09>

RESUMEN: En este trabajo se presenta la primera descripción geológica e hidrogeológica de la Rambla de Castro (Los Realejos, Tenerife), así como de los depósitos carbonáticos y de las improntas vegetales fósiles halladas en la zona. Se identifican restos de hojas, frutos, semillas, ramas y raíces correspondientes

a varios taxones, entre ellos *Phoenix* sp., *Persea indica* (L.) C. K. Spreng. y *Salix* sp., así como posibles improntas de *Laurus novocanariensis* Rivas-Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Días, J.C. Costa & C. Aguiar. Además, se describen las características de otros restos de monocotiledóneas y dicotiledóneas no identificados.

Palabras Clave: Geología / hidrogeología / depósitos carbonáticos / improntas vegetales / *Phoenix* / *Persea* / *Salix* / *Laurus* / Tenerife / islas Canarias.

ABSTRACT: The first geologic and hydrogeologic description of Rambla de Castro (Los Realejos, Tenerife), as

well as of the carbonatic deposits and fossil plant imprints occurring in the area is presented. Leaves, fruits, seeds,

branches and roots remains belonging to *Phoenix* sp., *Persea indica* (L.) C. K. Spreng. and *Salix* sp. are identified, along with possible imprints from *Laurus novocanariensis* Rivas-Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Días, J.C. Costa & C. Aguiar. Besides, features of several unidentified monocotyledonous and dicotyledonous remains are described.

KEYWORDS: Geology / hydrogeology / carbonatic deposits / plant imprints / *Phoenix* / *Persea* / *Salix* / *Laurus* / Tenerife / Canary Islands.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años han sido varios los trabajos que han dado a conocer la presencia de improntas vegetales fósiles en Canarias, la mayoría de ellos referidos a restos hallados en la Brecha del Roque Nublo (Gran Canaria), datada entre los 5,3 y los 3,7 millones de años [Schmincke, 1967; Anderson & Channing, 2007; Anderson *et al.*, 2008, 2009; Marrero, 2013; Suárez-Rodríguez, 2013], así como al complejo traquítico-sienítico del suroeste de dicha isla, con una antigüedad estimada de unos 12,2-13,3 Ma [García-Talavera *et al.*, 1995]. En algunos casos no se ha procedido a su identificación, aunque se han establecido relaciones con elementos del bosque termoesclerófilo [García-Talavera *et al.*, 1995; Anderson *et al.*, 2009] y el monteverde [Anderson & Channing, 2007; Anderson *et al.*, 2008, 2009; Suárez-Rodríguez, 2013]. En otros, se han atribuido a géneros como *Euphorbia*, *Limonium*, *Rumex*, *Phoenix*, *Dracaena*, *Arbutus*, *Ilex*, *Hedera*, *Asplenium* y *Pinus* [Anderson *et al.*, 2008, 2009; Marrero, 2013], así como a taxones ajenos a la flora canaria actual como *Tetraclinis* [Anderson *et al.*, 2008, 2009] o a géneros fósiles como *Dracaenites* [Suárez-Rodríguez, 2013]. El barranco de Azuaje, en dicha isla, constituye otro de los lugares de interés paleobotánicos del archipiélago, con un marco temporal que abarca desde el Pleistoceno medio hasta la actualidad, y en el cual se han hallado improntas de *Dracaena* tipo *draco*, *Apollonias barbujana*, *Viburnum rigidum*, *Olea cerasiformis*, *Phoenix canariensis*, *Echium decaisnei*, *E. callithyrsum*, *Ilex canariensis*, *Rubus* sp., *Heberdenia excelsa*, *Sideroxylon canariensis*, *Pleiomeris canariensis*, *Laurus novocanariensis*, *Ocotea foetens*, *Maytenus canariensis*, *Semele gayae*, *Hedera canariensis* y *Aeonium* sp. [Marrero *et al.*, 2002; Ravazzi *et al.*, 2014]. Los afloramientos sedimentarios epiclásticos de la caldera de Taburiente (La Palma) han ofrecido igualmente interesantes ejemplos de fosilización de floras higrófilas, como *Equisetum*, *Typha*, *Phragmites* o *Salix*, así como restos atribuidos a *Myrica* [Vegas Salamanca *et al.*, 1998].

En Tenerife se ha citado la presencia de restos fósiles en Anaga, El Ravelo (El Sauzal) y Arico, así como moldes de troncos en galerías del norte de la isla e improntas de piñas y moldes de *Pinus canariensis* en canteras de pumitas del sur (García-Talavera *et al.*, 1995), estas últimas datadas entre los 30 mil y los 650 mil años (ka, en adelante; Alonso Blanco, 1989). Los restos vegetales fósiles de la Rambla de Castro (Los Realejos, Tenerife) son conocidos desde al menos la segunda mitad del siglo XIX, cuando Viera y Clavijo (1868, 1869) los menciona en su Diccionario de Historia Natural, identificándolos con “grupos de garbanzos y petrificaciones de hojas de naranjo, castaño, parra, zarza, moral” y “grupos de hojas de laurel”. Sin embargo, hasta la fecha no se había realizado ninguna descripción de los mismos.

El estudio geológico e hidrogeológico que se expone a continuación constituye, igualmente, la primera aproximación de este tipo que se lleva a cabo en este espacio natural protegido, poniendo de relieve su enorme valor para el patrimonio etnohistórico, geológico y paleontológico, así como la necesidad de asegurar la conservación de un enclave tantas veces amenazado a lo largo de los últimos siglos.

GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DEL SECTOR DE LA RAMBLA DE CASTRO

Los depósitos calcáreos con moldes e improntas vegetales afloran en la Rambla de Castro (fig. 1), en la costa occidental del valle de La Orotava, una depresión en forma de herradura de aproximadamente 140 km² de extensión, abierta al mar por el norte y limitada lateralmente por paredes escarpadas, altas y acusadamente rectilíneas. La depresión fue originada por un mega-deslizamiento o conjunto de mega-deslizamientos gravitacionales (Bravo, 1964; Coello, 1973; Navarro & Coello, 1989; Ancochea *et al.*, 1990; Carracedo *et al.*, 2011; Ferrer *et al.*, 2013). Estos desplomes masivos que afectaron al flanco septentrional de la Dorsal NE y del Edificio Cañadas, dos de las cinco grandes estructuras volcánicas subaéreas que forman la isla de Tenerife, han sido datados en 534-523 ka (Boulestex *et al.*, 2013).

Inmediatamente después de su formación, la depresión comenzó a rellenarse con nuevos materiales, principalmente lavas y piroclastos producto de erupciones ocurridas sobre todo en su cabecera, tanto en el eje de la dorsal como en el Edificio Cañadas. Sin embargo, en la costa occidental de la depresión, los materiales de relleno más antiguos que afloran en superficie son potentes depósitos de avalancha rocosa originados en deslizamientos gravitacionales posteriores a los que dieron lugar al valle. Estos grandes deslizamientos secundarios afectaron a

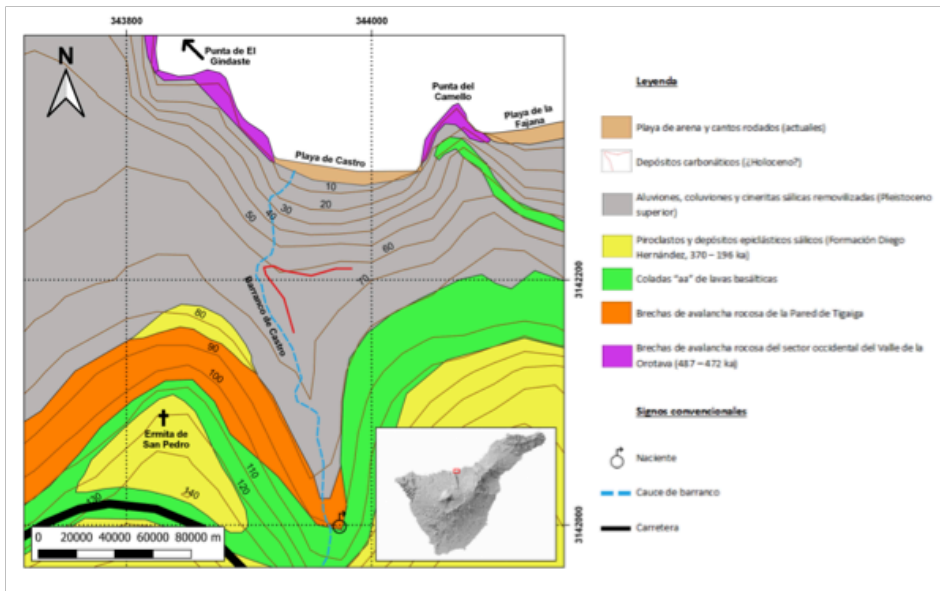


Figura 1. Mapa geológico de la Rambla de Castro y localización de los depósitos carbonáticos.

la porción del Edificio Cañadas más próximo a la cabecera de la depresión recién formada y han sido datados en 487-472 ka (Coello-Bravo *et al.*, 2018). Las brechas de avalancha así formadas se extienden por los subsuelos del sector occidental del valle y afloran en la base del acantilado marino entre la playa de Los Roques al E y la punta del Guindaste al O. En ellas se excavaron tres superficies erosivas, situadas aproximadamente a 5, 18 y 50 m sobre el nivel actual del mar, que interpretamos como antiguas plataformas de abrasión hoy emergidas. Inmediatamente sobre las dos inferiores se disponen, también cortados en el acantilado actual, sendos niveles marinos de bloques, cantos rodados y arenas (Bravo, 1952).

En el sector de la Rambla de Castro, sobre estos materiales se disponen otros depósitos de avalancha rocosa más modernos, procedentes de desplomes de menor entidad que afectaron a la pared lateral occidental del valle de La Orotava o pared de Tigaiga (Armas *et al.*, 2001; García Cacho, 2010). La morfología de los circos generados en la pared por estos deslizamientos es todavía perfectamente reconocible. Sin embargo, el contacto de estas brechas con los depósitos de avalancha anteriores no es visible en superficie, pues está cubierto por materiales más recientes.

A su vez, las brechas de avalancha están recubiertas por coladas basálticas de morfología "aa" y capas de piroclastos sálicos (lluvias de pómez y cenizas y depósitos de coladas y oleadas piroclásticas), en ocasiones removilizados por aguas de escorrentía, pertenecientes a la Formación Diego Hernández. Los piroclastos sálicos se originaron en las últimas erupciones explosivas pre-caldera del Edificio Cañadas, cuya edad es 370-196 ka (Edgar *et al.*, 2007).

Los materiales más recientes aflorantes en la zona son depósitos sedimentarios y epiclásticos (es decir, de removilización de piroclastos sálicos) que formaron un sistema de abanicos aluviales/coluviales coalescentes o delta sedimentario costero, hoy en día inactivo y parcialmente erosionado por el mar, en la desembocadura de los barrancos que surcan la zona (Cuatro Ventanas, Madre Juana-Azadilla, barranquillo de los Príncipes-Castro y Godínez) (García-Cacho *et al.*, 2001; Palacios *et al.*, 1996; Yanes, 2013). Está formado por una sucesión de capas de gravas y conglomerados con bloques de hasta 0,6 m de diámetro. Los clastos de estas capas son angulosos a redondeados, de diversos tipos de lavas basálticas y fonolíticas. La textura es frecuentemente granosoportada, con matriz arenosa fina más o menos abundante. Entre ellas se intercalan algunas coladas de lavas basálticas "aa" de escasa potencia y capas de limos rojizos y marrones, en ocasiones con laminación gruesa y moldes de raíces. En la base de la secuencia también aparecen algunas intercalaciones de cineritas sálicas removilizadas, de color blanco a amarillento, con clastos pequeños de líticos y pómez. Las capas son muy discontinuas lateralmente y con frecuencia rellenan grandes paleocanales excavados en las inferiores; su espesor máximo individual alcanza los 4 m.

Estos materiales sedimentarios, a los que puede atribuirse una edad Pleistoceno superior, se dispusieron sobre la antigua plataforma de abrasión excavada en las brechas de avalancha más antiguas, adosados al pie de un antiguo acantilado marino excavado en todos los materiales anteriormente descritos; este escarpe es hoy visible en la zona de la ermita y mirador de San Pedro. El espesor máximo de la secuencia sedimentaria de estos abanicos inactivos, visible en el acantilado marino actual sobre las brechas de avalancha más antiguas, es de unos 60 m.

Los materiales de avalancha más antiguos forman una capa impermeable de gran espesor y continuidad regional. Constituyen así un zócalo impermeable sobre cuyo techo, situado sobre el nivel del mar e inclinado hacia la costa, discurren las aguas de escorrentía infiltradas en todos los materiales superiores, de carácter permeable. Antes de la perforación en la zona de numerosas galerías y pozos desde mediados del siglo XIX en adelante, este acuífero colgado de gran magnitud desaguaba por abundantes y caudalosos nacientes situados en el mismo acantilado costero, preferentemente a techo de los depósitos de avalancha rocosa.



Figura 2. Nacientes del barranco de Castro (¿naciente El Charcón?), 1890-1895. Archivo FEDAC.

Por su parte, las brechas de avalancha de la pared de Tigaiga, a pesar de presentar en puntos una alta permeabilidad, asociada a la presencia de megabloques rotos con grandes fracturas abiertas –aberturas ausentes en los depósitos de avalancha más antiguos–, son mucho menos permeables que las lavas, piroclastos sálicos y aluviones situados encima. Por ello, el techo de estas brechas, sobre todo si está rubefactado por las coladas de lava superiores, constituye un segundo nivel de acumulación de aguas subterráneas que originaba, en la zona de la Rambla de Castro, numerosos nacientes adicionales situados a mayor cota (fig. 2), en los cauces de los barrancos que surcan el sector; estas surgencias alimentaban en ellos corrientes de agua permanentes. De todas estas fuentes y cursos de agua perennes existen numerosos testimonios en obras de carácter histórico y naturalístico de la época (Viera y Clavijo, 2005; Buch, 1999; Barker-Webb & Berthelot, 2012; Álvarez Rixo, 1994.)

En la actualidad, las dos únicas surgencias naturales que se conservan en la Rambla de Castro, denominadas El Burgado y La Madre del Agua, se hallan situadas en la margen derecha del barranco de Castro, según se desciende, a la cota de 85 y 90 m, respectivamente "hay otros nacientes agua arriba en el mismo barranco, pero a mucha mayor cota". Existió otro muy cercano, denominado El Charcón, a la cota 95 m en una pequeña cavidad de la margen izquierda del barranco, según se desciende, pero desapareció en 2007 tras la entrada en servicio de un pozo en los alrededores. Todos ellos se hallan en el contacto entre las brechas de base una colada basáltica, muy permeables, y el techo de los depósitos de avalancha rocosa de la pared de Tigaiga, que aparece rubefactado por dicha colada.

El caudal conjunto de estos nacientes era de 1,43 l/s en octubre de 2015, de 4,60 l/s en septiembre de 1973 y de 3,75 l/s en agosto de 1942. La temperatura actual del agua varía según el caudal y la época del año entre 18,5° y 23°C. Este rango de temperaturas es algo más alto que el medido por Leopold von Buch en 1815 (16,6°-17,6°C) [Buch, 1999].

Los depósitos carbonáticos fósiles

Sobre los sedimentos y epiclastos del delta sedimentario aparecen unos depósitos calcáreos superficiales con abundantes moldes e improntas vegetales. Estos depósitos eran ya muy conocidos y probablemente explotados para la fabricación de cal a finales del siglo XVIII, tal y como escribió José de Viera y Clavijo en 1799 (Viera y Clavijo, 2005). Además, sufrieron posteriormente –probablemente en el siglo XX– una destrucción adicional por la construcción de muros de piedra seca, la nivelación del terreno y su recubrimiento con tierras para cultivos agrícolas y jardines, por lo que apenas quedan hoy unos pequeños restos de lo que debió ser su extensión y espesor original.

El afloramiento principal se halla en la margen derecha del barranco de Castro, a cota aproximada de 60-65 m (fig. 3), aguas abajo y sin conexión aparente con los nacientes antes descritos, colgado a unos pocos metros sobre el cauce actual. Se dispone sobre aluviones formados por gravas limosas (fig. 4), con un 30-40 % de fragmentos subangulosos a redondeados de diversos tipos de lavas basálticas, con diámetro máximo de 14 cm, englobados en una matriz de limos que contiene conchas de gasterópodos terrestres. El depósito carbonático forma una capa de 26,5 cm de espesor máximo visible, casi totalmente cubierta por muros y terrazas agrícolas. Muestra una estratificación muy grosera, con subcapas de potencia milimétrica a centimétrica (espesor máximo 4 cm), muy discontinuas y onduladas,

que se disponen de forma subhorizontal. En ellas pueden distinguirse, a simple vista, cuatro facies:

Facies de granos recubiertos. Las concreciones o recubrimientos calcáreos que las forman muestran hasta 12 capas de crecimiento y se desarrollan sobre clastos redondeados de basaltos y ocasionalmente pómez, de tamaño arena muy gruesa a grava (3,5 cm de diámetro máximo).

Facies tobácea o macroporosa, formada por concreciones sobre fragmentos de restos vegetales, como semillas, troncos, tallos y raíces, y quizá también talos de macroalgas verdes.

Facies masiva, porosa. La matriz carbonática engloba numerosos granos de basalto tamaño arena. Presenta improntas de hojas.

Facies laminar. Son láminas milimétricas de carbonato cálcico masivo que forman recubrimientos sobre las facies anteriores. Con frecuencia estos recubrimientos muestran signos de haber sido desgastados por corrientes de agua.

Otros depósitos carbonáticos de menor volumen aparecen a cotas más bajas en el tramo del acantilado costero comprendido entre la punta del Camello y la punta del Guindaste, en numerosos puntos dispersos situados al E y O de la desembocadura del barranco, colgada sobre la playa de Castro. Estos depósitos se hallan muy desmantelados debido al retroceso del escarpe por acción del oleaje y los derrumbes, o por la acción antrópica, por lo que solo se conservan restos aislados de dimensiones muy reducidas. Se han podido reconocer tres tipos de depósitos diferentes, que corresponden a diversos ambientes de formación en el acantilado. Los dos primeros se han reconocido solo en escasos puntos al O de la desembocadura del barranco; el tercer tipo es más abundante y se halla presente también en varios puntos situados al E de la misma:

Depósitos en capas inclinadas. Su morfología y estructura interna es muy similar a las del afloramiento principal, solo que aquí se disponen sobre un terreno de acusada pendiente (~ 60 %). Las facies presentes son masiva porosa y laminar; no se observan moldes o improntas vegetales. Se interpretan como formados a partir de pequeños regueros



Figura 3. Aspecto general del afloramiento principal de depósitos carbonáticos que está situado sobre la margen derecha del barranco de Castro.



Figura 4. Detalle del mismo afloramiento. Se observan facies de granos recubiertos, masiva, tobácea sobre restos vegetales y laminar con signos de desgaste por agua.

difusos o láminas de agua de escaso caudal que corrían por la cara del escarpe, donde éste no es completamente vertical.

Depósitos de relleno de oquedades de la pared (fig. 5). Estos depósitos aparecen en pequeñas oquedades naturales del talud costero, y la distribución de facies en ellos es compleja. La facies laminar aparece como costras o recubrimientos, a veces formando agregados botroidales, de las paredes y el techo de la oquedad, mientras que rellenando la misma, asociadas en ocasiones con rellenos detríticos de arcillas, limos y arenas finas, aparecen capas de facies de granos recubiertos o masivas. En una de las oquedades observadas parecen reconocerse concreciones formadas a partir de la precipitación directa de carbonatos sobre los tallos de plantas herbáceas hidrófilas (juncos, tifas o similares) enraizadas, o bien sobre talos de macroalgas, pero este afloramiento no ha podido estudiarse en detalle pues se halla en un sector vertical e inaccesible del escarpe. Se interpretan como formados a partir de nacientes naturales que manaban en el interior de estas oquedades, que podían estar completa o parcialmente llenas de agua.

Depósitos de cortinas y cascadas. Forman láminas o masas columnares adosadas a las paredes verticales en el acantilado. Aparecen muy erosionados y con su extremo inferior colgado sobre el nivel del mar. Debido a su inaccesibilidad, estos depósitos no han podido ser examinados *in situ*.

Las surgencias que dieron lugar a los depósitos calcáreos en el acantilado marino de la Rambla de Castro han desaparecido en su totalidad, aunque hoy en día hay algunas muy notorias de origen artificial, producidas por el vertido al mar de aguas subterráneas de tres galerías excavadas en el mismo. Estas surgencias se situaban preferentemente en los sedimentos de los abanicos aluviales costeros, en especial en las capas de materiales detríticos más gruesos y permeables (gravas con bloques de textura grano-soportada). Se situaban a diversas alturas, pero tendían a concentrarse a cota aproximada de 18-20 m, inmediatamente encima del techo –la antigua plataforma de abrasión– de los depósitos impermeables de avalancha rocosa que forman la base del acantilado. Con mucha menor frecuencia aparecían también bajo ese contacto, dentro de las brechas de avalancha, en fracturas de tracción abiertas asociadas a la dinámica regresiva del talud.



Figura 5. Depósitos carbonáticos de relleno de oquedad en el acantilado marino situado al O de la playa de Castro. La facies laminar forma una costra que recubre los bloques y gravas de las paredes del socavón y también el techo, donde desarrolla pequeñas masas botroidales. Junto al margen derecho de la fotografía, aproximadamente al mismo nivel de la escala, se observa, colgado bajo el techo, un pequeño resto de las facies de granos recubiertos y tobáceas que rellenaban la oquedad. En este caso los granos recubiertos de carbonato cálcico son fragmentos flotantes de pómez procedentes de las cineritas removilizadas que forman el techo.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS IMPRONTAS VEGETALES

El material analizado corresponde a 63 improntas vegetales depositadas en la colección de fósiles del Museo de Ciencias Naturales (TFMCF0) de Santa Cruz de Tenerife, recolectadas entre los años 1976 y 1997 por Felipe Siverio, Juan José Hernández y F. Méndez en la Rambla de Castro (Los Realejos, Tenerife). Asimismo, se observaron restos *in situ* en sendas visitas efectuadas a dicho Paisaje Protegido en el año 2018, con el objeto de realizar la descripción geológica y estratigráfica del lugar. En todos los casos el material aparece descontextualizado pues ha sido utilizado para el levantamiento de muros agrícolas, de forma que se trata

de fragmentos heterométricos dispuestos entre otras rocas que conforman los muros.

Las improntas fueron estudiadas bajo lupa binocular Zeiss Stemi DV4. Por otro lado, se recolectaron muestras de hojas de distintas especies tanto de laurisilva como de bosque termófilo para realizar una identificación tentativa de las huellas fósiles. La descripción de estas últimas se realizó de acuerdo con Hickey (1973), Dilcher (1974) y Wing *et al.* (1999), mientras que para las especies actuales se siguió a Rasche & Kovar-Eder (2009).

Improntas de hojas, frutos, semillas y raíces asimilables a *Phoenix* sp.

Los restos pertenecientes a esta especie son los más frecuentes, observándose huellas de foliolos, bases de peciolo, frutos, semillas y, posiblemente, raíces (véase lámina 1). En cuanto a las improntas de hojas, se trata de fragmentos en los que se aprecia con mayor o menor claridad el nervio central y la nerviación secundaria paralela, así como en uno de los casos la base induplicada del foliolo (757-2). En la muestra 757-3 se observa una depresión más pronunciada en uno de sus márgenes que podría corresponder al nervio principal, en cuyo caso la anchura del hemilimbo visible sería de unos 2 cm. Las características macromorfológicas de las muestras 754-4 y 764-2 son compatibles con las de los foliolos de *Phoenix* sp., pero su identificación requiere de un estudio más profundo. En la tabla I se recogen los datos de longitud y anchura de cada una de las muestras.

Registro	Longitud	Anchura	Figura
TFMCFO-757-1	6,25	2,3	Lám.1 A-1
TFMCFO-757-2	5,1	2,4	Lám.1 A-2
TFMCFO-757-3	4,1	2,1	Lám. 1 B
TFMCFO-754-4	1,9	1,89	Lám. 1 C
TFMCFO-764-2	5,4	1,9	Lám. 1 D-2

Tabla I. Dimensiones de los posibles restos foliares de *Phoenix* sp.

Los moldes de semillas están presentes en las muestras 752-1, 758-1, 761-1, 5197-1, Campo-1, Campo-6 y Campo-7 (Tabla II). En la muestra 764-1 se observa la base de un fruto que aún parece conservar las huellas del perianto.

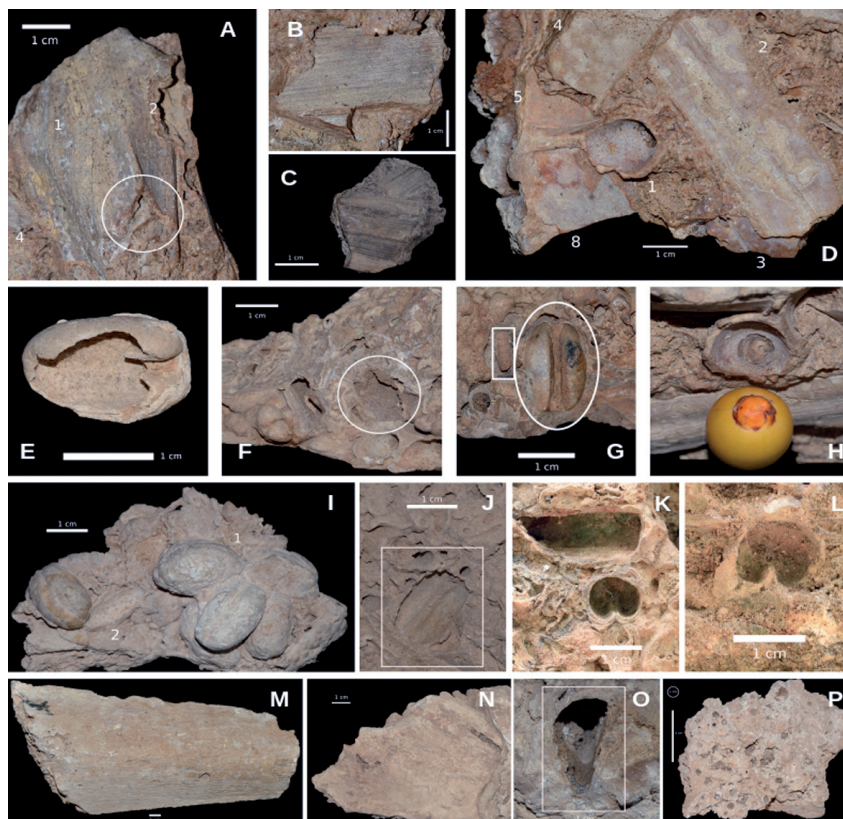


Lámina 1. Restos adscritos a *Phoenix* sp. A. Muestras 757-1 y 757-2, en la que se observa la base induplicada del foliolo. La impronta 757-4 corresponde a una monocotiledónea no identificada; B-C. Fragmentos de posibles foliolos de las muestras 757-3 y 754-4, respectivamente; D. Muestra 764 compuesta por un molde de dátil (1) y una posible huella de foliolo (2). Las improntas 3, 4, 5 y 8 corresponden a dicotiledóneas no identificadas; E, F y G. Moldes de semillas de las muestras 752-1, 758-1 y 761-1, respectivamente. En esta última puede verse un gasterópodo no identificado; H. Comparativa del molde de fruto de la muestra 764-1 con un dátil de *Phoenix* sp.; I. Muestra 5197, formada por un conjunto de semillas de palmera (1) y un molde de fruto o semilla no identificado (2); J, K y L. Muestras de Campo-1, 6 y 7, respectivamente, en las que se observan distintas huellas de semillas; M. 4986-8, molde de la base de un peciolo; N. 758-2, posible huella de un peciolo; O. Muestra 756-2, aparente molde de un raquis; P. Muestra de Campo-2, formada por un conjunto de raíces fasciculadas posiblemente pertenecientes a *Phoenix* sp. Escala 1 cm excepto en P (5 cm).

Los moldes de peciolos aparecen en las muestras 4986-8 (lámina 1 M) y 758-2 (lámina 1 N). La primera alcanza una longitud de 22 cm y una anchura de 11 cm en la base y de 7 cm en el ápice. La segunda tiene una longitud y anchura

Registro	Longitud	Anchura	Figura
TFMCFO-752-1	1,8	1,25	Lám. 1 E
TFMCFO-758-1	1,6	0,9	Lám. 1 F
TFMCFO-761-1	1,7	1	Lám. 1 G
TFMCFO-5197-1	1,7-2,1	1,1-1,3	Lám. 1 I
TFMCFO-Campo-1	1,7	1,1	Lám. 1 J
TFMCFO-Campo-6	0,97	0,85	Lám. 1 K
TFMCFO-Campo-7	1,1	0,91	Lám. 1 L
TFMCFO-764-1	1,6	1,1	Lám. 1 D-1; 1 H

Tabla II. Dimensiones de los moldes de semillas y frutos de *Phoenix* sp.

máximas de 9 y 7,9 cm, respectivamente. La muestra 756-2 (lámina 1 O) parece corresponder a un molde de raquis, de 6,6 cm de longitud, 1 cm de anchura en la zona media de la sección y 2,3 cm de altura. Finalmente, la muestra Campo-2 (lámina 1 P) está constituida por un conjunto de raíces fasciculadas, de hasta 5,7 cm de longitud y 0,2-0,7 cm de diámetro interior.

Improntas de hojas atribuibles a *Persea indica* (L.) C. K. Spreng.

Se trata de improntas foliares con nerviación secundaria broquidódroma, terciarios alternos u opuestos, percurrentes (754-2, 764-6, 4986-5, 752-2) e intersecundarios presentes (754-2, 764-6). En el caso de la muestra 754-3 (Tabla III), la considerable longitud del peciolo (unos 2,8 cm), así como la disposición de los nervios secundarios y los terciarios percurrentes nos inclinan a adscribirla a esta especie. Las muestras 752-2 (cuya porción de margen conservada parece carecer de vena fimbrial) y 752-3 también exhiben características generales compatibles con las de este taxon, si bien de momento no estamos en condiciones de confirmar dicha identidad.

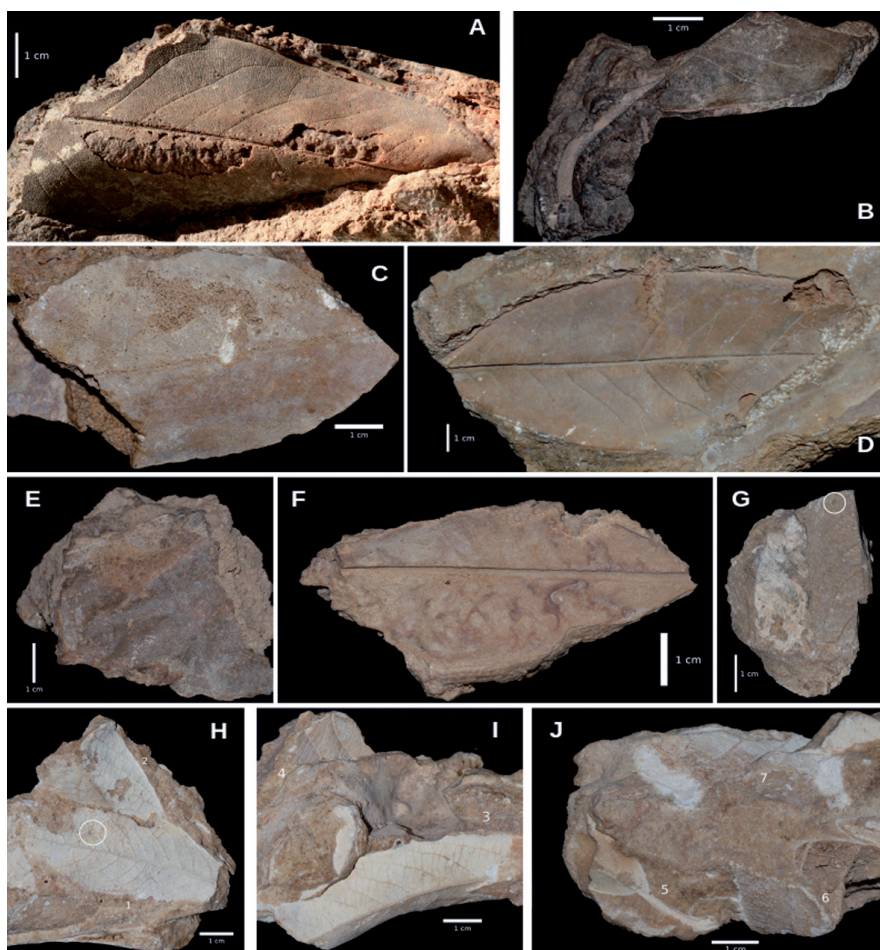


Lámina 2. A-F. Restos foliares asimilables a *Persea indica*. A. Muestra 754-2, con nerviación broquidódroma, intersecundarios presentes y terciarios percurrentes; B. Base de limbo foliar y peciolo de la muestra 754-3; C, D. Improntas 764-6 y 4986-5, respectivamente, con características de nerviación similares a las de la figura A; E. Muestra 752-2, con secundarios broquidódromos y terciarios percurrentes; F. Impronta 752-3, con nervio central conspicuo, de 0,25 cm de anchura en su base; G-J. Improntas de *Salix* sp. correspondientes a las muestras 5054-1 (G), 5193-1 y 2 (H), 5193-3 y 4 (I), y 5193-5, 6 y 7 (J). Obsérvese la curvatura y la disposición broquidódroma de los secundarios, así como los terciarios percurrentes. En las figuras G y H se han señalado las posibles huellas dejadas por las agallas de las hojas. Escala 1 cm.

Registro	Longitud	Anchura	Figura
TFMCFO-754-2	8	4,6	Lám. 2 A
TFMCFO-754-3	4,6	2,2 (hemilimbo)	Lám. 2 B
TFMCFO-764-6	6,6	5,1	Lám. 2 C
TFMCFO-4986-5	13,2	6	Lám. 2 D
TFMCFO-752-2	5,5	4,6	Lám. 2 E
TFMCFO-752-3	6,35	2,9	Lám. 2 F

Tabla III. Medidas correspondientes a las improntas asimilables a *Persea indica* (L.) C. K. Spreng.

Improntas de hojas atribuibles a *Salix* sp.

Restos en los que se observa la curvatura de los nervios secundarios y su disposición broquidódroma, la presencia de intersecundarios, así como los terciarios alternos u opuestos, percurrentes. En algunos casos (muestras 5054-1 y 5193-1) se conservan las huellas de las agallas que exhiben frecuentemente las hojas de *Salix canariensis* C. Sm. ex Link, así como el margen ligeramente revuelto (5193-1, 5193-2, 5193-3, 5193-6). La impronta 5193-5 tiene la base asimétrica y un peciolo de 1,7 cm de longitud. Por su parte, la muestra 5193-7 (lámina 2 J-7) está formada por un conjunto de restos foliares de dimensiones y estado de conservación variables, pero asimilables en todos los casos a *Salix* sp. En la tabla IV se indican los parámetros medidos.

Registro	Longitud	Anchura	Figura
TFMCFO-5054-1	4,1	1,3 (hemilimbo)	Lám. 2 G
TFMCFO-5193-1	5,7	2,5	Lám. 2 H-1
TFMCFO-5193-2	3,5	2,7	Lám. 2 H-2
TFMCFO-5193-3	5,8	2,3	Lám. 2 I-3
TFMCFO-5193-4	2,7	1,2	Lám. 2 I-4
TFMCFO-5193-5	1,8	1,2	Lám. 2 J-5
TFMCFO-5193-6	2,2	2	Lám. 2 J-6

Tabla IV. Dimensiones de las improntas correspondientes a *Salix* sp.

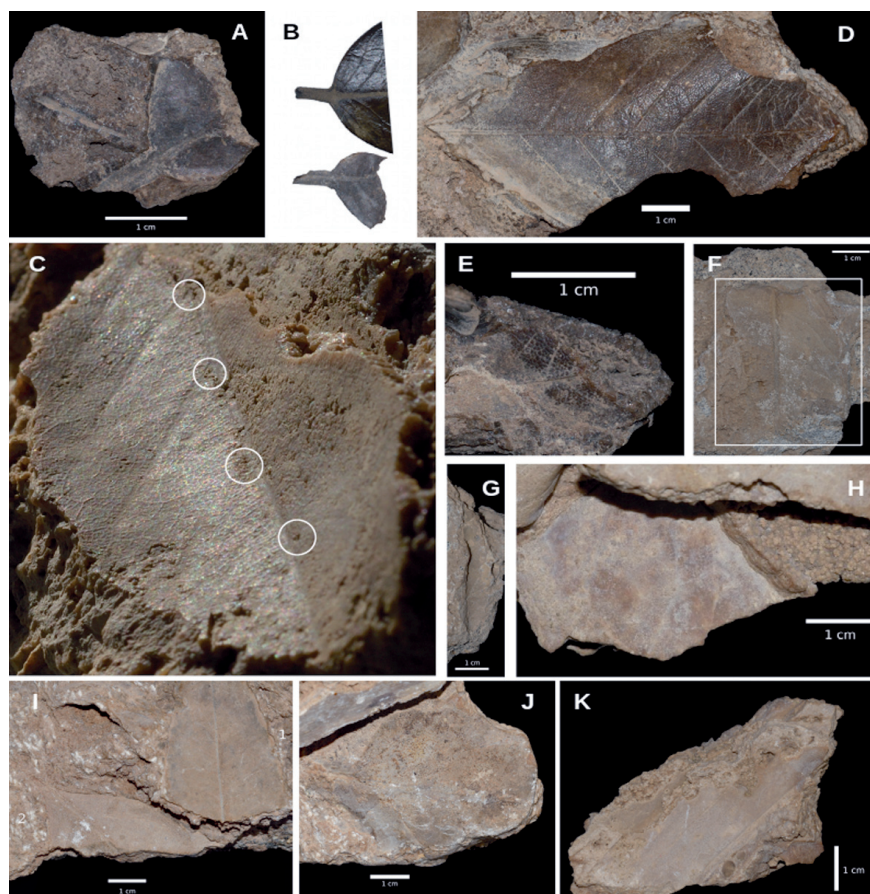


Lámina 3. A. Impronta 754-6, con características compatibles con las de *Ilex perado* Aiton; B. Muestra anterior comparada con la base de una hoja de dicha especie; C. Impronta 756-1, asimilable a *Laurus novocanariensis* Rivas-Mart., Lousa, Fern. Prieto, E. Días, J.C. Costa & C. Aguiar. Se han señalado los posibles domacios glandulares; D. Muestra 754-1, con nerviación secundaria broquidódroma y terciarios percurrentes; E. Impronta 754-5, con secundarios alternos y curvados en su origen; F. Muestra 755-1, en la que se observa la huella dejada por el nervio central y la presencia de intersecundarios; G. Muestra 755-2, fragmento foliar de pequeño tamaño; H. Muestra 764-7, resto marginal de limbo; I. Muestras 4986-1 (1) y 4986-2 (2), en la que puede verse la base ligeramente asimétrica y decurrente o compleja de esta última; J. Impronta 4986-3, con nerviación escasamente conservada; K. Muestra 752-4, limbo de aspecto lineal y nerviación posiblemente hifódroma. Escala 1 cm.

Impronta de hoja atribuible a *Ilex perado* Aiton

La muestra 754-6 (lámina 3 A, B) representa una porción de limbo de 1,07 cm de longitud y 1,6 cm de anchura, de base convexa, y un peciolo de 0,87 cm de largo y 0,36 cm de ancho. El margen revoluto, la considerable anchura del peciolo, así como una nerviación terciaria en apariencia percurrente son compatibles con las características de *Ilex perado* Aiton, aunque la pequeña proporción de material conservado nos impide atribuirlo con seguridad a dicho taxon.

Impronta de hoja atribuible a *Laurus novocanariensis* Rivas-Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Días, J.C. Costa & C. Aguiar

Fragmento de hoja lauroide correspondiente a la muestra 756-1 (lámina 3 C), de 5,8 cm de longitud y 2,7 cm de anchura máximas. Nervio central conspicuo, secundarios agudos, algo curvados, y terciarios aparentemente percurrentes. Posible presencia de domacios glandulares axilares. Los caracteres observados son compatibles con los exhibidos por este taxon.

Improntas de dicotiledóneas no identificadas

La muestra 754-1 (lámina 3 D) corresponde a un resto foliar incompleto de aspecto lauroide, de 8,75 cm de longitud y 3,69 cm de anchura observables, con margen pobremente conservado en una porción muy pequeña. En este punto la anchura del hemilimbo alcanza los 2,56 cm. La nerviación secundaria es posiblemente broquidódroma y la terciaria, en apariencia, percurrente. La morfología general de la lámina evoca la de *Picconia excelsa* (Aiton) DC., si bien las características de la nerviación terciaria se aproximan a las de *Persea indica* (L.) C. K. Spreng.

La impronta 754-5 (lámina 3 E) representa un pequeño fragmento de hoja con nerviación secundaria alterna, aguda, y terciarios posiblemente percurrentes.

En la muestra 755-1 (lámina 3 F) se observa el nervio central y una nerviación secundaria aguda, algo curvada, con intersecundarios presentes, mientras que la impronta 755-2 (lámina 3 G) sólo conserva una pequeña porción de secundarios. En ambas la nerviación terciaria es aparentemente percurrente.

Algunas de las huellas de dicotiledóneas de la muestra 764 exhiben una nervadura central conspicua (764-3, 764-4, 764-5), mientras que los nervios secundarios y terciarios se presentan con distinto grado de conservación. Los terciarios parecen percurrentes en las muestras 764-3, 4, 5 y 7. En esta última, correspon-

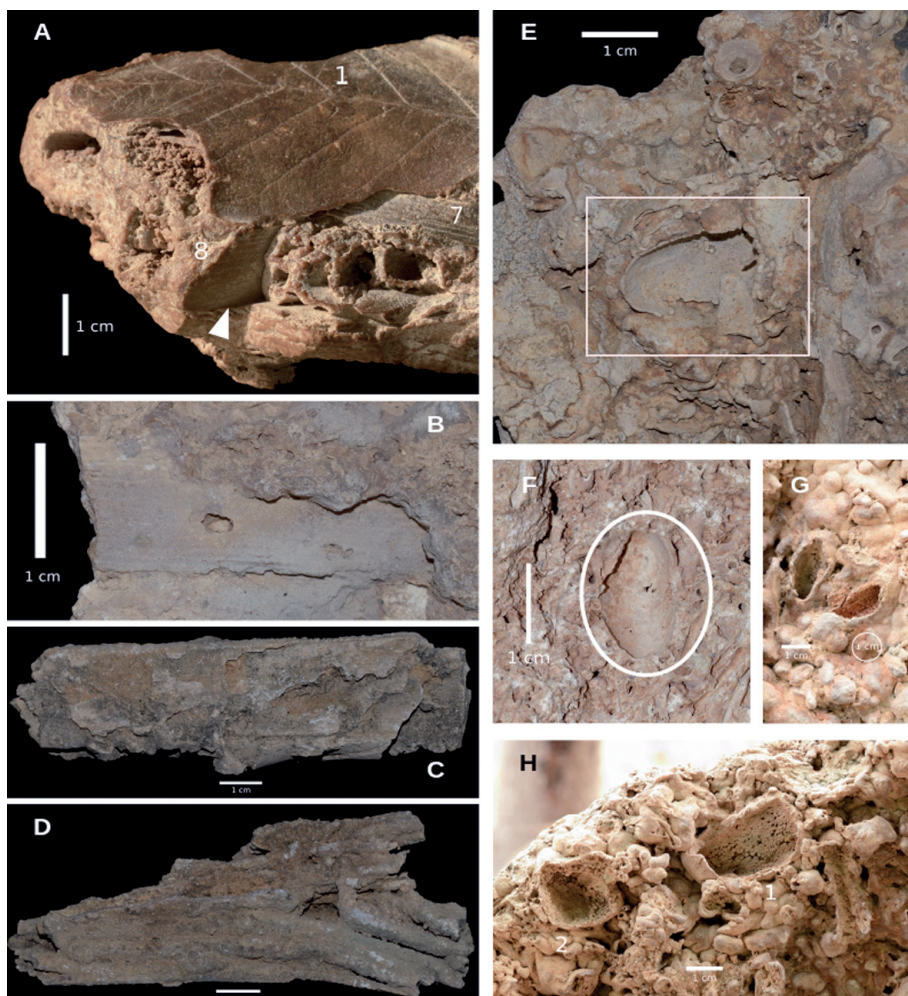


Lámina 4. A. Muestras 754-7 y 754-8, restos de monocotiledóneas no identificadas. La flecha señala la hendidura que podría corresponder al nervio central de un foliolo induplicado; B. Muestra 756-3, en la que no se percibe ninguna nervadura principal; C, D. Vista ventral y lateral de la muestra 5054-2 en las que se observa la nerviación paralela y el apilamiento de los restos; E. Muestra 765-1, posible molde de fruto de *Phoenix* sp; F. Muestra 4986-4, molde de fruto o semilla no identificado; G, H. Muestras de Campo-4 y 5, respectivamente, exhibiendo las posibles huellas de frutos o semillas no atribuibles a taxones de la actual flora canaria. Escala 1 cm.

diente a un fragmento marginal de limbo, los secundarios son broquidódromos. La muestra 764-8 conserva una pequeña porción de margen, aparentemente revoluto.

El fragmento 4986 está compuesto por varias improntas foliares con nerviación primaria a terciaria visibles, esta última percurrente en todos los casos. Los nervios secundarios son broquidódromos en la muestra 4986-1, con intersecundarios presentes. Por su parte, la impronta 4986-2 posee una porción de peciolo de 0,4 cm de longitud, con la base del limbo algo asimétrica, ligeramente decurrente o compleja, y margen en mal estado. En la muestra 4986-3 los detalles de la venación se observan muy débilmente.

La impronta 752-4 (lámina 3 K) representa un resto foliar, linear, de margen entero, nervio central conspicuo y secundarios ausentes o imperceptibles. Podría pertenecer a alguna dicotiledónea en la que los nervios secundarios se encontrarán ocultos en el mesófilo de la hoja (p.e. *Euphorbia mellifera* Aiton).

En la tabla V se recogen los valores de longitud y anchura de estas muestras.

Registro	Longitud	Anchura	Figura
TFMCFO-754-1	8,75	3,69	Lám. 3 D
TFMCFO-754-5	0,81	0,92	Lám. 3 E
TFMCFO-755-1	4	2,7	Lám. 3 F
TFMCFO-755-2	3,7	0,7	Lám. 3 G
TFMCFO-764-3	1,7	1,5	Lám. 1 D-3
TFMCFO-764-4	-	4,1	Lám. 1 D-4
TFMCFO-764-5	1,6	1,5	Lám. 1 D-5
TFMCFO-764-7	3,6	2,6	Lám. 3 H
TFMCFO-764-8	5,3	1,9	Lám. 1 D-8
TFMCFO-4986-1	4,4	3,1	Lám. 3 I-1
TFMCFO-4986-2	4,6	2,3	Lám. 3 I-2
TFMCFO-4986-3	6,7	5,2	Lám. 3 J
TFMCFO-752-4	4,5	1,7	Lám. 3 K

Tabla V. Dimensiones de los restos de dicotiledóneas no identificados.

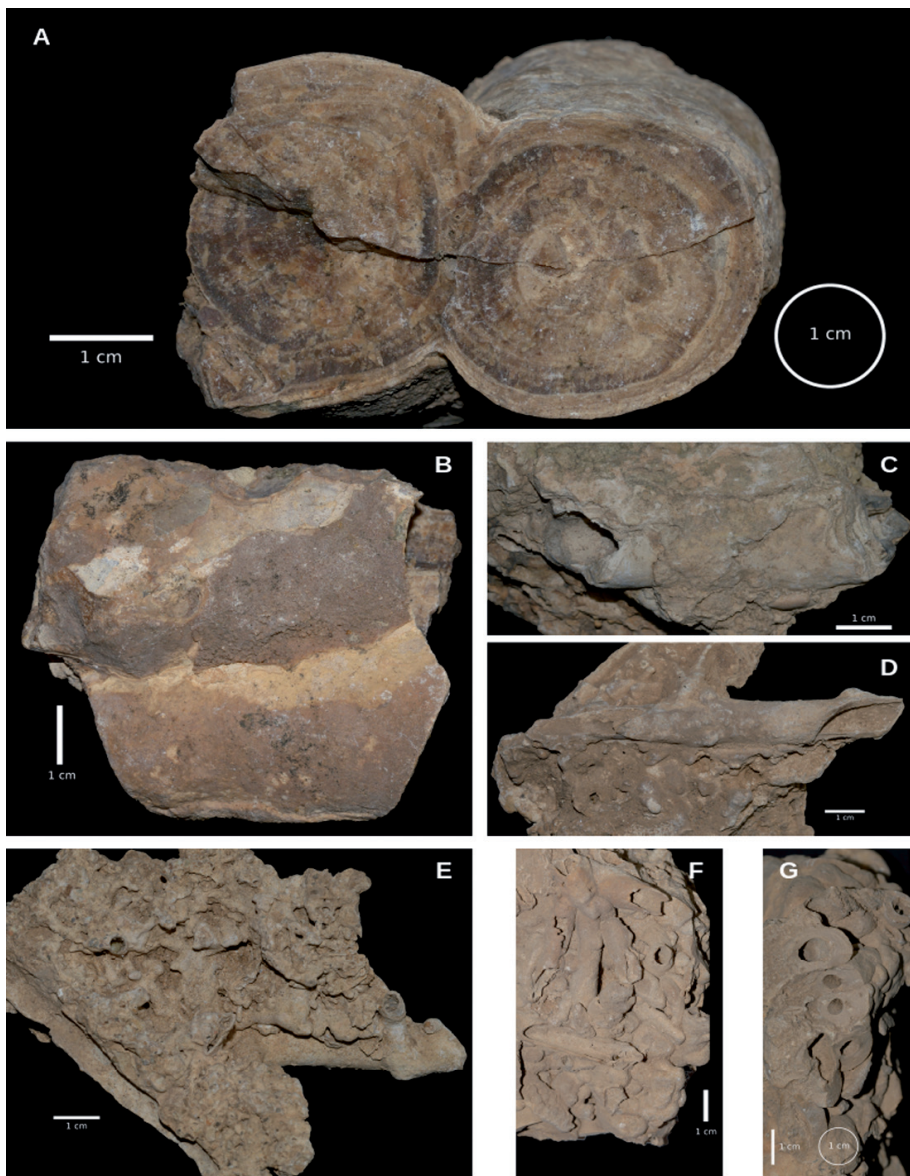


Lámina 5 A-C. Moldes de ramas o troncos no identificados de las muestras 760-1 (A y B) 761-2 (C); D-G. Moldes de raíces no identificadas correspondientes a las muestras 760-2 (D y E) y 767-1 (F y G). Escala 1 cm.

Improntas de monocotiledóneas no identificadas

Conjunto de restos vegetales de nerviación paralela (tabla VI), en algunos casos sin nervadura central destacada (754-7, 756-3, 5054-2). La muestra 754-8 presenta dos fragmentos de características similares separados por una hendidura longitudinal que podría corresponder al nervio central, en cuyo caso sería asimilable a un foliolo induplicado de *Phoenix* sp. Por su parte, el fragmento 5054-2 está constituido por restos superpuestos que podrían atribuirse también a dicho taxon.

Registro	Longitud	Anchura	Figura
TTFMCFO-754-7	2,8	1,1	Lám. 4 A-7
TFMCFO-754-8	1,3	1,4	Lám. 4 A-8
TFMCFO-756-3	2,7	1,2	Lám. 4 B
TFMCFO-757-4	2,3	1,3	Lám. 1 A-4
TFMCFO-5054-2	9	2,3-2,5	Lám. 4 C, D

Tabla VI. Dimensiones de los restos de monocotiledóneas no identificados.

Moldes de frutos o semillas no identificados

En la mayoría de los casos se trata de frutos y/o semillas de figura aparentemente oblonga atribuibles a *Phoenix* sp. o a alguna de las lauráceas identificadas (tabla VII). En las muestras de Campo-4 y Campo-5 se observan huellas de frutos o semillas para los que no hemos podido encontrar ningún paralelismo con los representantes de la flora canaria actual.

Registro	Longitud	Anchura	Figura
T TFMCF0-765-1	1,7	1	Lám. 4 E
TFMCFO-4986-4	1,6	0,8	Lám. 4 F
TFMCFO-5197-2	1,6	0,5	Lám. 1 I-2
TFMCFO-Campo-4	1,9-2,25	0,96-1,1	Lám. 4 G
TFMCFO-Campo-5-1	2,8	1,65 (altura)	Lám. 4 H-1
TFMCFO-Campo-5-2	2,29 (altura)	2,1	Lám. 4 H-2

Tabla VII. Dimensiones de los moldes de frutos y/o semillas no identificados.

Restos de ramas y/o troncos

Representados por dos fragmentos, el primero de ellos formado por dos ramas o troncos de 6-6,5 cm de longitud y 3-3,8 cm de anchura (muestra 760-1, lámina 5 A, B) y el segundo de 6,7 cm de longitud y 0,86-1 cm de diámetro interior (muestra 761-2, lámina 5 C).

Restos de raíces

Aparecen en las muestras 760-2 y 767-1 y presentan al menos 3 niveles de ramificación. En el molde 760-2 (lámina 5 D y E) la estructura más desarrollada alcanza una longitud de 9,2 cm y un diámetro interno de 0,66 cm. De ella parten perpendicularmente las ramificaciones de segundo orden, de 0,2-0,3 cm de diámetro. En el molde 767-1 (lámina 5 F y G) los diámetros internos abarcan desde 0,2 a 0,7 cm.

DISCUSIÓN

Origen y edad de los depósitos carbonáticos

Estos depósitos se interpretan como formados en un ambiente de tipo microlagunar, en concreto un sistema de charcos o cuerpos muy someros de aguas tranquilas en los márgenes de una corriente de agua permanente que transportaba los restos vegetales. Estos cuerpos de agua se inundaban periódicamente en episodios de crecida, en los que sedimentaban los clastos de tamaño arena y grava de las facies de granos recubiertos.

No disponemos aún de datos microscópicos e isotópicos de los depósitos calcáreos, por lo que de momento no podemos precisar su origen y edad. Sí puede indicarse que varios estudios recientes sobre depósitos similares en Canarias, tanto de origen natural como artificial, apuntan a su formación por precipitación de carbonato cálcico a partir de surgencias de aguas subterráneas termales ($T \geq 25^{\circ}\text{C}$), ricas en gas CO_2 disuelto y bicarbonatos ($> 700 \text{ mg/L}$). Al acceder a la superficie formando nacientes o descargas artificiales, estas aguas termales pierden el CO_2 y sufren cambios físicos y químicos (descenso del pH y la temperatura, etc.), lo que provoca la precipitación, en forma de carbonatos, de los bicarbonatos disueltos (Rodríguez-Berriguete *et al.*, 2011, 2012 a, 2012 b, 2016, 2018; Estrella de Pinho *et al.*, 2015; Camuera *et al.*, 2014; Alonso-Zarza *et al.*, 2012; Afonso-Carrillo, 2017). La alta temperatura y concentración de gas carbónico disuelto en

estas aguas se deben a su circulación por subsuelos en los que existen anomalías térmicas y un flujo elevado de CO² a través de fracturas abiertas y otras estructuras producidas por actividad volcánica reciente.

La mayor parte de los nacientes que dieron lugar a los depósitos carbonáticos de la Rambla de Castro han desaparecido por efecto de la perforación de numerosas captaciones de aguas subterráneas en la zona, y los que restan presentan una temperatura y contenidos en CO² y bicarbonatos disueltos insuficientes para la precipitación de estos depósitos, ya que todo indica que no se están formando en la actualidad.

Por otro lado, los datos geológicos apuntan a que su edad es muy reciente, probablemente holocena. Entre estos datos pueden citarse su posición estratigráfica, sobre una secuencia sedimentaria de presumible edad Pleistoceno superior, la gran fragilidad de estos depósitos y su preservación, aunque muy incompleta, en un acantilado marino excavado en materiales detríticos que está sufriendo una intensa erosión y un rápido retroceso por la acción del oleaje.

Por todo ello, el origen más probable de la posible anomalía térmica y de flujo de CO² que pudo producir estos depósitos habría que buscarlo en una actividad volcánica muy reciente en la parte baja del valle de La Orotava. La más moderna datada hasta la fecha en la zona es la erupción de Taoro, una erupción fisural en la que se formaron tres conos de escorias basálticas (volcanes de Las Arenas, La Montañeta y La Gañanía), alineados según una fractura de dirección NE-SO, cuya hipotética prolongación occidental discurriría por subsuelos próximos y situados aguas arriba de la Rambla de Castro. Alexander von Humboldt asignó a esta erupción una edad subhistórica, basándose en una tradición oral de origen guanche recogida por Jean Charles de Borda en 1778 en La Orotava, que afirmaba que la erupción fue presenciada por gentes de esa etnia en AD 1430 (Humboldt, 1826). Sin embargo, una datación absoluta (³⁹Ar/⁴⁰Ar) de las coladas lávicas de la montaña de Las Arenas hecha recientemente dio una edad de 27,0 ± 5,9 ka (Carracedo *et al.*, 2008, 2010).

Esta última edad, alrededor de 30000 años, es algo elevada respecto a la estimada por nosotros para la formación de los depósitos calcáreos de la Rambla de Castro, que como se ha indicado es holocena. Sin embargo, existen otros centros eruptivos de aspecto muy reciente en la costa del valle de La Orotava no estudiados ni datados hasta la fecha, como es el caso de los pequeños conos de escorias aflorantes en las faldas de la montaña de Taoro en el Puerto de la Cruz (antiguo Monte Miseria). Esto significa que la posibilidad de que se hayan producido erupciones holocenas en la zona costera del valle, o incluso que la tradición recogida por Borda responda a un suceso eruptivo real no pueden, a día de hoy, excluirse por completo.

Análisis paleobotánico

A grandes rasgos, las improntas estudiadas nos hacen pensar en la existencia de una vegetación similar a la que podemos encontrar hoy en día asociada a la presencia de manantiales más o menos permanentes en lugares como La Furnia (Icod de Los Vinos, Tenerife) o el acantilado de Las Aguas (Garachico, Tenerife), donde taxones integrantes del monteverde comparten hábitat con elementos edafohigrófilos del bosque termófilo. En el caso que nos ocupa, los primeros estarían representados por el viñátigo (*Persea indica* (L.) C. K. Spreng.) y el laurel (*Laurus novocanariensis* Rivas-Mart., Lousa, Fern. Prieto, E. Días, J.C. Costa & C. Aguiar), mientras que las palmeras (*Phoenix* sp.) aportarían el componente termoescle-rófilo. A ellos se uniría una formación riparia de sauces (*Salix* sp.), cuyos restos aparecen con relativa frecuencia y por lo general en buen estado de conservación. Tanto palmeras (*Phoenix canariensis* Chabaud y *P. dactylifera* L.) como sauces (*Salix canariensis* C. Sm. ex Link) siguen presentes hoy en día en el entorno del yacimiento (García Gallo *et al.*, 2012), pero no ocurre lo mismo con viñátigos y laureles, cuya desaparición podría haber sido causada por una alteración en las condiciones ambientales o por el impacto de las diversas actividades antrópicas que se han desarrollado a lo largo de los siglos en la zona, si bien hasta que no se efectúen las dataciones correspondientes y se determine la antigüedad de las muestras solo podemos especular con tales posibilidades.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto ECLIPSA (Evidencias del cambio climático a partir de los yacimientos paleontológicos y los depósitos volcánicos y sedimentarios abióticos de Canarias) subvencionado por el Cabildo de Tenerife. Dedicamos el presente artículo a nuestro compañero Lázaro Sánchez-Pinto, biólogo versátil que exploró con entusiasmo desde el Museo de Ciencias Naturales prácticamente todos los campos de la botánica, entre ellos la paleobotánica.

BIBLIOGRAFÍA

AFONSO-CARRILLO, J. (2017)

Una blidingia (Ulvophyceae), macroalga verde dominante en el salto de agua de Lomo Morín, Tenerife. *Vieraea* 45: 285-302.

ALONSO BLANCO, J.J. (1989)

Estudio volcanoestratigráfico y volcanológico de los piroclastos sálicos de sur de Tenerife. Servicio de Publicaciones. Universidad de La Laguna: 257 pp.

ALONSO-ZARZA, A.M., A. RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, M.C. CABRERA, A. MELÉNDEZ & L.F. MARTÍN (2012)

Las tobas/travertinos del barranco de Calabozo: Un ejemplo de construcción rápida de un edificio carbonático alimentado por una tubería de regadío. *Geotemas* 11: 44-47.

ÁLVAREZ RIXO, J.A. (1994)

Anales del Puerto de la Cruz de La Orotava, 1701-1872. Introducción de M.T. Noreña Salto. Aula de Cultura de Tenerife, Patronato Cultura del Ayuntamiento del Puerto de la Cruz: 620 pp.

ANCOCHEA, E., J.M. FÚSTER, E. IBARROLA, A. CENDRERO, J. COELLO, F. HERNÁN, J.M. CANTAGREL & C. JAMOND (1990)

Volcanic evolution of the island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44: 231-249.

ANDERSON, C.L. & A. CHANNING (2007)

Fossil Floras on Oceanic Volcanic Islands: Gran Canaria - an initial report. PalAss - Paleontological Association, Uppsala. Recurso electrónico disponible en: www.anst.uu.se/caand290/c_anderson.html

ANDERSON, C.L, CHANNING, A. & A.B. ZAMUNER (2008)

Fossil floras on oceanic volcanic islands [part 1]: late Miocene - early Pliocene records of gymnosperms and laurisilva on Gran Canaria. *12th International Palynological Congress (IPC-XII). 8th International Organisation of Palaeobotany Conference (IOPC-VIII).* August 30 – September 5. Bonn, Germany.

ANDERSON C.L., CHANNING, A. & A.B. ZAMUNER (2009)

Life, death and fossilization on Gran Canaria - implications for Macaronesian biogeography and molecular dating. *Journal of Biogeography* 36 (12): 2189-2201.

ARMAS, V., ROMERO, C. & L. GARCÍA-CACHO (2001)

Significado morfológico de los depósitos volcanoclásticos y detríticos del Valle de la Orotava, Tenerife (Islas Canarias). In: Manero, F. (Coord.), *Espacio natural y dinámicas territoriales. Homenaje al Dr. D. Jesús García Fernández.* Secretariado de Publicaciones Universidad de Valladolid: 195-207.

BARKER-WEBB, P. & S. BERTHELOT (2012)

Historia Natural de las Islas Canarias. Edición de A. Herrera Piqué. Fundación Canaria Mapfre Guanarteme, Las Palmas de Gran Canaria (2 tomos).

- BOULESTEIX, T., HILDENBRAND, A., SOLER, V., QUIDELLEUR, X. & P.-Y. GILLOT (2013)
Coeval giant landslides in the Canary Islands: Implications for global, regional and local triggers of giant flank collapses on oceanic volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 257: 90-98.
- BRAVO, T. (1952)
Aportación al estudio geomorfológico y geológico de la costa de la fosa tectónica del Valle de La Orotava. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 50: 5-32.
- BRAVO, T. (1964)
El circo de las Cañadas y sus dependencias. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 60: 93-108.
- BUCH, L. VON (1999)
Descripción física de las Islas Canarias. Edición y traducción de J.A. Delgado, La Orotava. Ed. Grafocolor SL, La Laguna, Tenerife. 263 pp.
- CAMUERA, J., ALONSO-ZARZA, A.M., RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A. & A. RODRÍGUEZ GONZÁLEZ (2014)
Origin and palaeo-environmental significance of the Berrazales carbonate spring deposit, North of Gran Canaria Island, Spain. *Sedimentary Geology* 308: 32-43.
- CARRACEDO, J.C., GUILLOU, H., NOMADE, S., RODRÍGUEZ-BADIOLA, E., PÉREZ-TORRADO, F.J., RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A., PARIS, R., TROLL, V.R., WIESMAIER, S., DELCAMP, A. & J.L. FERNÁNDEZ-TURIEL (2011)
Evolution of ocean-island rifts: The northeast rift zone of Tenerife, Canary Islands. *Geological Society of America Bulletin* 123 (3-4): 562-584.
- CARRACEDO, J.C., PÉREZ-TORRADO, F.J., RODRÍGUEZ-BADIOLA, E., PARIS, R. & B.S. SINGER (2008)
Fiabilidad de la interpretación de las referencias de erupciones subhistóricas de Tenerife: la erupción pre-holocena de Mña. Taoro. *Geo-Temas* 10: 1261-1264.
- CARRACEDO, J.C., SINGER, B.S., JICHA, B., PÉREZ TORRADO, F.J., GUILLOU, H., RODRÍGUEZ-BADIOLA, E. & R. PARIS, (2010)
Pre-Holocene age of Humboldt's 1430 eruption of the Orotava Valley, Tenerife, Canary Islands. *Geology Today* 26 (3): 101-104.
- COELLO, J. (1973)
Las series volcánicas en los subsuelos de Tenerife. *Estudios Geológicos* 29 (6): 489-501.
- COELLO-BRAVO, J.J., MÁRQUEZ, A., HERRERA, R., HUERTAS, M.J. & E. ANCOCHEA (2018)
Large flank collapse of Las Cañadas volcano at ~480 ka: record from debris

avalanche deposits at water galleries in La Orotava Valley (Tenerife, Canary Islands). In: *Cities on Volcanoes 10 [CoV10] Conference*, Napoli, Italy, 2-7 September 2018. IAVCEI, Abstracts Volume: abstract ID-429.

DILCHER, D.L. (1974)

Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. *The Botanical Review* 40 (1): 157 pp.

EDGAR, C.J., WOLFF, J.A., OLIN, P.H., NICHOLS, H.J., PITTARI, A., CAS, R.A.F., REINERS, P.W., SPELL, T.L. & J. MARTÍ (2007)

The late Quaternary Diego Hernandez Formation, Tenerife: Volcanology of a complex cycle of voluminous explosive phonolitic eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 160: 59-85.

ESTRELLA DE PINHO, R.R., RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A., ALONSO-ZARZA, A.M. & M.C. CABRERA (2015)

The Temisas Carbonate Building: an example of a thermogene tufa system in Gran Canaria Island. *Geogaceta* 57: 7-10.

FERGUSON, D.K. (1974)

On the taxonomy of recent and fossil species of *Laurus*.

FERRER, M., GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., SEISDEDOS, J., COELLO, J.J., GARCÍA LÓPEZ-DAVALILLO, J.C., HERNÁNDEZ, L.E., CASILLAS, R., MARTÍN, C., RODRÍGUEZ-LOSADA, J.A., MADEIRA, J., ANDRADE, C., FREITAS, M.C., LOMOSCHITZ, A., YEPES, J., MECO, J. & J.F. BETANCORT (2013)

Güímar and La Orotava mega-landslides (Tenerife) and tsunamis deposits in Canary Islands. In: Margottini, C., P. Canuti & K. Sassa (Eds.). *Landslide Science and Practice*. Proceedings of the Second World Landslide Forum, Rome, 2011. International Programme on Landslides (IPL). Volume 5: Complex environment. Springer-Verlag: 27-34.

GARCÍA-CACHO, L. (2010)

Avalanchas volcánicas. In: González Cárdenas, E., E. Escobar, R. Becerra, R. U. Gosálvez & J. Dóniz (eds.). *Aportaciones recientes en volcanología 2005-2008*. IV Reunión de la Red Española de Volcanología, Almagro, septiembre de 2008. Centro de Estudios Calatravos, Almagro, Ciudad Real: 205-224.

GARCÍA-CACHO, L., ROMERO, C. & V. ARMAS (2001)

Depósitos volcanoclásticos en el Valle de la Orotava, Tenerife. In: Astiz, M. & A. García (eds.). *Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica*. Edición 2000. Serie Casa de los Volcanes, nº7. Servicio de Publicaciones del Cabildo Insular de Lanzarote: 193-204.

GARCÍA GALLO, A., RODRÍGUEZ DELGADO, O. & W. WILDPRET DE LA TORRE (2012)

El paisaje vegetal del Espacio Natural Protegido de la Rambla de Castro

(Tenerife). *Vieraea* 40: 107-130.

GARCÍA-TALAVERA, F., SÁNCHEZ-PINTO, L. & S. SOCORRO (1995)

Vegetales fósiles en el complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias* 7: 77-91.

HICKEY, L.J. (1973)

Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *Amer. J. Bot.* 60 (1): 17-33.

HUMBOLDT, A. VON (1826)

Viage a las regiones equinociales del nuevo continente, hecho en 1799 hasta 1804, por Al. De Humboldt y A. Bonpland. Rosa, París. Tomo I. 368 pp.

MARRERO, A (2013)

Aportaciones a la flora pliocena de la isla de Gran Canaria: avances a los estudios florísticos y paleoambientales. *Vieraea* 41: 371-384.

MARRERO, A., SUÁREZ, C. & J. MANGAS (2002)

Primeros hallazgos fósiles de improntas de *Dracaena draco* (L.) L. en Canarias. *XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y II Congreso Ibérico de Paleontología* (Libro de resúmenes): 174-175.

NAVARRO, J.M. & J. COELLO (1989)

Depressions originated by landslide processes in Tenerife. In: *European Science Foundation (ESF). Meeting on Canarian Volcanism*, Lanzarote, Islas Canarias, November 30-December 3, 1989. ESF-CSIC: 247-253.

PALACIOS, D., YANES, A. & J.A. GONZÁLEZ MARTÍN (1996)

The evolution of a volcanic cliff: Fajana, Tenerife, The Canary Islands. In: Pfeffer, K.-H. (ed.). *Tropical/subtropical geomorphology. Research studies from coastal areas to high mountains.* Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., Suppl.-Bd. 103: 25-47.

RASCHE, L. & J. KOVAR-EDER (2009)

Woody angiosperm taxa of the Canarian laurel forests: Leaf morphology and cuticular structures. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie* 2: 447-494.

RAVAZZI, C., NASCIMENTO, L. DE, MARRERO, A., RODRÍGUEZ BERRIGUETE, A., SOSA, P., CABRERA, M.C., DAINA, P., FERNÁNDEZ PALACIOS, J.M., FURLANETTO, G., PÉREZ TORRADO, F.J., PINI, R., RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, R., MARTÍN-GARCÍA, R. & A.M. ALONSO ZARZA (2014)

An exceptional tufa palm remains from Gran Canaria. Preliminary paleobotanical report. *9th European Paleobotany - Palynology Conference.* 26-31 August 2014, Padova - Italy.

RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A., ALONSO-ZARZA, A.M., CABRERA, M.C. & F.J. PÉREZ-

TORRADO (2011)

The aragonite travertine of Azuaje Gorge in Gran Canaria, Spain: an unusual carbonate building in a volcanic setting. *28th IAS Meeting of Sedimentology*. Zaragoza, Spain, 5-8 July 2011. Abstracts: 126.

RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A., ALONSO-ZARZA, A.M., CABRERA, M.C. & F.J. PÉREZ-TORRADO (2012 a)

Caracterización petrográfica de los travertinos aragoníticos del Barranco de Azuaje (Gran Canaria). *Geogaceta* 51: 27-30.

RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A., ALONSO-ZARZA, A.M., CABRERA, M.C. & A. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ (2012 b)

The Azuaje travertine: an example of aragonite deposition in a recent volcanic setting, N Gran Canaria Island, Spain. *Sedimentary Geology* 277-278: 61-71.

RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A., ALONSO-ZARZA, A.M., MARTÍN-GARCÍA, R. & M.C. CABRERA (2018)

Sedimentology and geochemistry of a human-induced tufa deposit: implications for paleoclimatic research. *Sedimentology*. DOI: 10.1111/sed.12464.

RODRÍGUEZ-BERRIGUETE, A., BUSTILLO, M.A. & A.M. ALONSO-ZARZA (2016)

Travertinos actuales (El Saladillo, Murcia) y fósiles (Azuaje, Gran Canaria): mismas facies en contextos geológicos distintos. *Geotemas* 16 (1): 169-172.

SCHMINCKE, H.U. (1967)

Mid-Pliocene Fossil Wood from Gran Canaria. Preliminary Note. *Cuadernos de Botánica Canaria* 2: 19-20.

SUÁREZ-RODRÍGUEZ, C. (2013)

Registro fósil de *Dracaenites Saporta* en el Plioceno de Gran Canaria, islas Canarias. *Vieraea* 41: 385-388.

VEGAS SALAMANCA, J., ÁLVAREZ-RAMIS, M.C. & N. LAAMARTI (1998)

Reconstrucción de los megarrestos vegetales fósiles encontrados en los sedimentos epiclásticos de la Caldera de Taburiente. La Palma (Islas Canarias). *XIV Jornadas de Paleontología. Paleontología y Medio Ambiente* (Libro de Resúmenes): 187-189.

VIERA Y CLAVIJO, J. DE (1868)

Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias. Tomo I. Imprenta de la Verdad. Las Palmas de Gran Canaria. pp.: LXXVII-LXXVIII.

VIERA Y CLAVIJO, J. DE (1869)

Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias. Tomo II. Imprenta de la Verdad. Las Palmas de Gran Canaria. pp.: 24-25, 30, 179.

VIERA Y CLAVIJO, J. DE (2005)

Diccionario de historia natural de las Islas Canarias: o índice alfabético descriptivo de sus tres reinos animal, vegetal y mineral. Estudio introductorio y bibliografía de V. Galván González. Nivaria Ediciones, La Laguna, Tenerife. 639 pp.

WING, S., ASH, A., ELLIS, B., HICKEY, L.J., JOHNSON, K. & P. WILF (1999)

Manual of leaf architecture - morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms. Leaf Architecture Working Group. Department of Paleobiology. Smithsonian Institution. Washington. 65 pp

YANES, A. (2013)

Caracterización y clasificación de los acantilados en formaciones sedimentarias en áreas volcánicas. Acantilados detríticos en Tenerife. In: Flor, G., G. Flor-Blanco & L. A. Panda (eds.). VII Jornadas de Geomorfología Litoral. Oviedo, 17 a 19 de julio de 2013. Universidad de Oviedo, Sociedad Geológica de España (SGE). Geo-Temas 14: 83-86.

Fecha de recepción: 04 / 08 / 2018

Fecha de aceptación: 14 / 09 / 2018