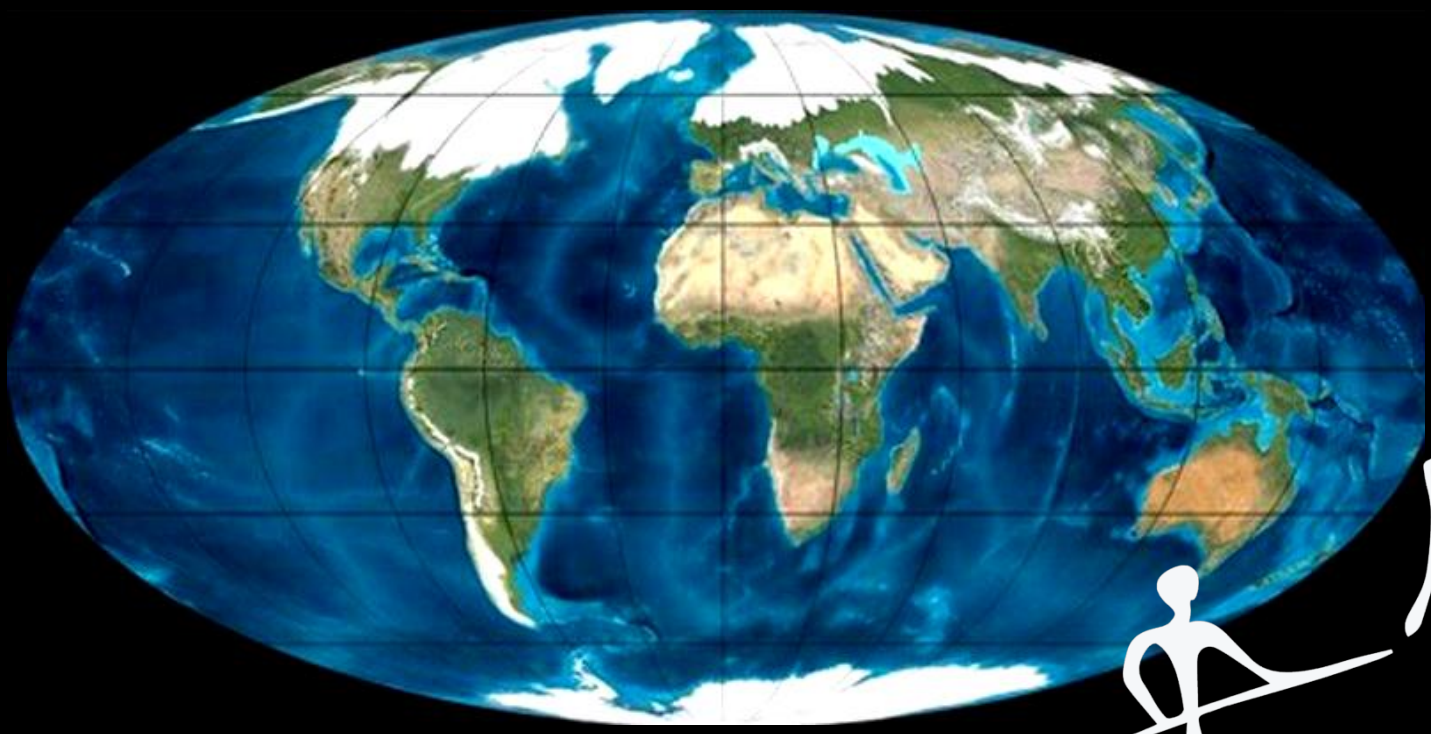
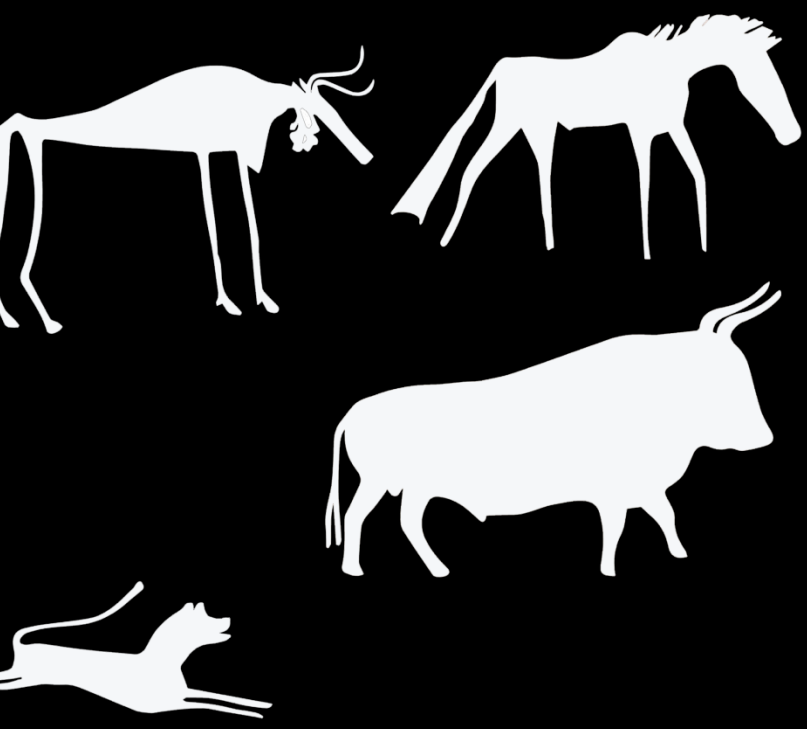


Figura 1. Mapa con la extensión de los hielos en la última glaciación hace unos 21.000 años. Las zonas heladas en el hemisferio norte alcanzaron Inglaterra e Irlanda, el norte de Europa y gran parte de Norteamérica. Proyecto CLIMAP, 1976.

Las Islas Canarias hace 21.000 años ¿cómo les afectó LA ÚLTIMA GLACIACIÓN?



La última Edad de Hielo, conocida como ICE AGE por las populares películas de animación, se extendió desde hace unos 70.000 años hasta hace 12.000 años, dando paso al periodo interglacial actual, llamado Holoceno.

Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa
Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Unidad Asociada ULPGC-CSIC, 35017-Las Palmas de Gran Canaria, España.
alejandro.lomoschitz@ulpgc.es

Este artículo describe cómo serían las Islas Canarias en el momento más frio de la última glaciación, es decir, hace unos 21.000 años, teniendo en cuenta como debieron ser las condiciones climáticas del archipiélago y su paleogeografía. Para una persona corriente, 21.000 años pueden parecer muchos años. Sin embargo, esa época tiene un significado paleoclimático y paleoecológico especial, pues en Europa y Norte América se alcanzaron las temperaturas más bajas de nuestro planeta dentro de la última glaciación, que se extendió entre hace unos 70.000 años y unos 12.000 años. Esa Edad de Hielo, popularmente conocida por las películas de animación como *ICE AGE*, la asociamos con facilidad a la presencia de grandes mamuts, o elefantes lanudos, tigres "dientes de sable" y osos cavernarios, siempre envueltos de un ambiente gélido, inhóspito y hostil. Pero, curiosamente, durante esa Edad de Hielo también se produjeron las primeras expresiones artísticas de nuestros ancestros, en forma de bellas pinturas de bisontes, caballos, ciervos, etc. y con frecuentes escenas de caza, que han quedado plasmadas en numerosas cuevas, como las de Altamira, en Cantabria, o las cuevas de Lascaux y de Chauvet en Francia, y que son valiosos testimonios del Paleolítico superior.

Además, sabemos que el *Homo sapiens* pervivió a esa glaciación, y al menos a otras dos anteriores, pues su aparición como especie se sitúa por el momento hace unos 315.000 años. También sabemos que convivió con el *Homo neanderthalensis* entre hace 230.000 y 40.000 años, y que, sin embargo, los neandertales no pudieron sobrevivir a esa última Edad de Hielo. Existen diversas hipótesis. Pudo ser por tener menor capacidad de adaptación, por falta de recursos o por vivir en competencia con el *Homo sapiens.* En cualquier caso, este último es el que ha pervivido como *Homo* dominante hasta nuestros días, diversificado en multitud de razas humanas.

No obstante, en Canarias no se conocen con certeza vestigios de pobladores tan antiguos, aunque si aparecen restos arqueológicos de esa época en la Península Ibérica y en Eurasia.

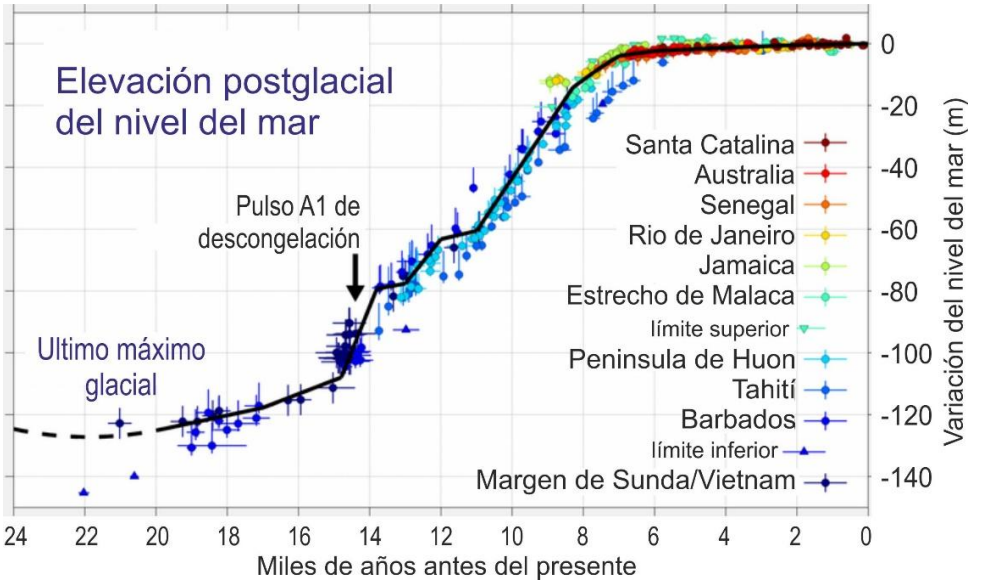


Figura 3. Subida del nivel medio del mar a partir del último máximo glacial, hace unos 21.000 años. Las inflexiones de la curva indican pulsos de aumento en la velocidad de ascenso, consecuencia de un aumento en el volumen de agua por la fusión de los hielos polares. El cambio de tendencia a los 11,700 años indica el comienzo del Holoceno, periodo Interglacial actual. Imagen creada por Robert A. Rohde. Global Warming Art/CC-BY-SA-3.0/GFDL.

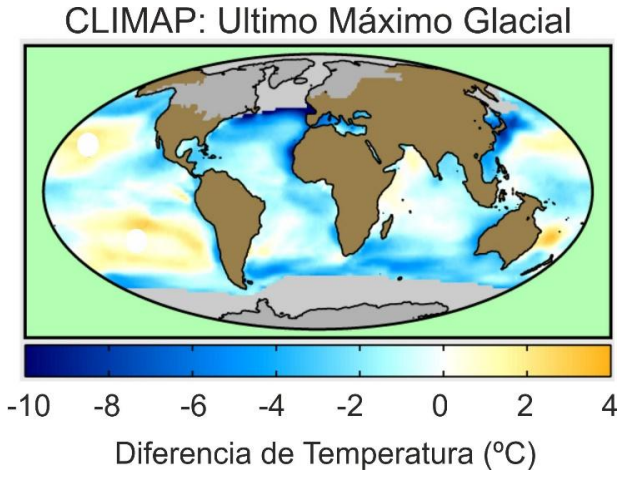


Figura 2. Diferencias de temperaturas del Último Máximo Glacial respecto a las temperaturas medias actuales. Proyecto CLIMAP, 1981.

Origen geológico de las plataformas insulares

Entonces, ¿qué importancia puede tener lo que ocurriera en Canarias hace 21.000 años? La importancia radica en que los estudiosos de los paleoclimas (climas de épocas pasadas) saben bien que los 21.000 años marcan la época del último máximo glacial, conocido por sus siglas en inglés, LGM, *Last Glacial Maximum* (Fig. 1). Es decir, el LGM es el estadio más frío dentro de la última glaciación (Fig. 2) que, con bastantes fluctuaciones, afectó a nuestro planeta desde hace 70.000 años hasta los 11.700 años, que marcan el inicio del Holoceno, o estadio interglacial actual. El Holoceno se caracteriza por tener climas mucho más cálidos y templados, según las regiones, que la última glaciación.

Los científicos también han podido demostrar que a cada glaciación le acompañó una bajada importante del nivel de los océanos, debido a que gran parte del agua de la hidrosfera estaba convertida en hielo. Al menos cuatro glaciaciones han tenido lugar en el Cuaternario reciente. Y existen registros geológicos que atestiguan que, tras el último máximo glacial, hace unos 21,000 años, se produjo una bajada de -120 m de promedio por debajo del nivel medio del mar actual (Fig. 3).

Por otro lado, en los mapas que incluyen la topografía submarina en torno a las islas Canarias puede verse que los márgenes insulares incluyen una marcada plataforma sumergida, a modo de escalón amplio y plano, ligeramente inclinado, y que supera los -100 m de profundidad (Fig. 4). En algunas islas, como Gran Canaria y La Gomera, esta plataforma sumergida es bastante regular y muy amplia[1], con una anchura de 4 a 10 km, indicando largos periodos de abrasión marina[2]. También en los márgenes de Lanzarote y Fuerteventura la plataforma es muy patente y presenta amplitudes variables, de 2 a 20 km, mientras que en el resto de las islas su extensión es muy reducida.

Estas actuaron erosionando las costas cuando el nivel del mar estaba mucho más bajo que el nivel del mar actual. Y las plataformas de abrasión resultantes pudieron producirse durante la última glaciación, o bien ser morfologías heredadas de glaciaciones anteriores. En cualquier caso, esas plataformas de abrasión quedaron emergidas durante la última glaciación, cuando el nivel del mar bajó hasta los -120 m y se mantuvo por debajo de los -100 m más de 6000 años (Fig. 3).

Los geólogos y geomorfólogos marinos interpretan esta plataforma sumergida de los márgenes insulares como un elemento geomorfológico bien diferenciable, que fue producido por la abrasión marina de las olas en combinación con las mareas.

Durante el último máximo glacial, hace unos 21.000 años, el mar estuvo -120 m. por debajo del nivel del mar actual. Así lo demuestran testimonios geológicos diversos del océano Atlántico, del Índico y del Pacífico.

Hasta aquí, las plataformas insulares pueden considerarse elementos geomorfológicos de primer orden, por su morfología y dimensiones, y pueden relacionarse con estadios glaciares antiguos. Pero, ¿de qué forma han podido influir en la configuración actual del relieve de las islas?

El último máximo glacial en Europa continental y norte de África

El último máximo glacial (LGM), con un pico hace unos 21.000 años, pertenece a una de las glaciaciones más pronunciadas de los últimos 2,6 Ma (Ma: millones de años) de la historia de la Tierra. Es decir, desde el inicio del Cuaternario. Conviene destacar que en torno a esos 2,6 Ma el clima terrestre entra en una secuencia de ciclos glacial-interglacial, en la que se suceden periodos fríos (glaciales) en alternancia con periodos cálidos (interglaciales), que no se había dado antes.

Las características principales del LGM fueron: 1) la temperatura media global descendió unos 5^{o}C respecto a los valores actuales; 2) en el hemisferio norte, existieron dos amplias capas de hielo, una que descendió hasta las latitudes medias de Norte América, y la otra que cubrió las regiones Fino-escandinavas y la mitad norte de Inglaterra e Irlanda. Por su parte, los glaciares de los Alpes y Pirineos aumentaron notablemente en extensión y espesor; 3) el nivel medio del mar estaba unos 120 m más bajo que el actual; 4) las comunidades vegetales eran muy diferentes a las actuales, persistiendo en Europa continental aquellas adaptadas a climas fríos, propias de la tundra, la estepa y en las zonas de bosque, principalmente coníferas; y 5) las comunidades animales también fueron muy diferentes a las actuales[3]. Pero, ¿cuál era el aspecto de los paisajes durante la última glaciación? En el hemisferio norte, la enorme cubierta de hielo alcanzó los 3000 m de espesor, principalmente en el norte de Europa, y el relieve resultante de Groenlandia era muy plano y uniforme.

Las zonas del sur de la cubierta de hielo alcanzaron donde hoy está Berlín y casi llegaron a donde está Londres. Con el nivel del mar a unos -120 m, e incluso -130 m, por debajo del nivel del mar actual quedó emergida gran parte de la plataforma continental en torno a las costas. Se ampliaron notablemente las superficies emergidas y las conexiones por tierra de la fauna. Por ejemplo, el Canal de la Mancha quedó emergido, dejando unidos por tierra lo que hoy es Francia, Inglaterra e Irlanda, así como gran parte del Mar del Norte, que quedó emergido en el sur y cubierto de hielo en el norte. En consecuencia, hace unos 21000 años Europa continental, Inglaterra e Irlanda estaban unidas y los cazadores-recolectores podían atravesarlas a pie o con sus animales. Por su parte, los frentes glaciares de los Alpes europeos avanzaron varios cientos de kilómetros, respecto a sus límites actuales, y muchos valles alpinos yacían bajo más de 1000 m de hielo.

Por otra parte, en el norte de África durante el LGM se alcanzó la máxima aridez. De hecho, gran parte del mundo en esa época era frio, seco e inhóspito, con frecuentes tormentas y con una atmosfera cargada de polvo. La mayoría de los desiertos del mundo se expandieron.

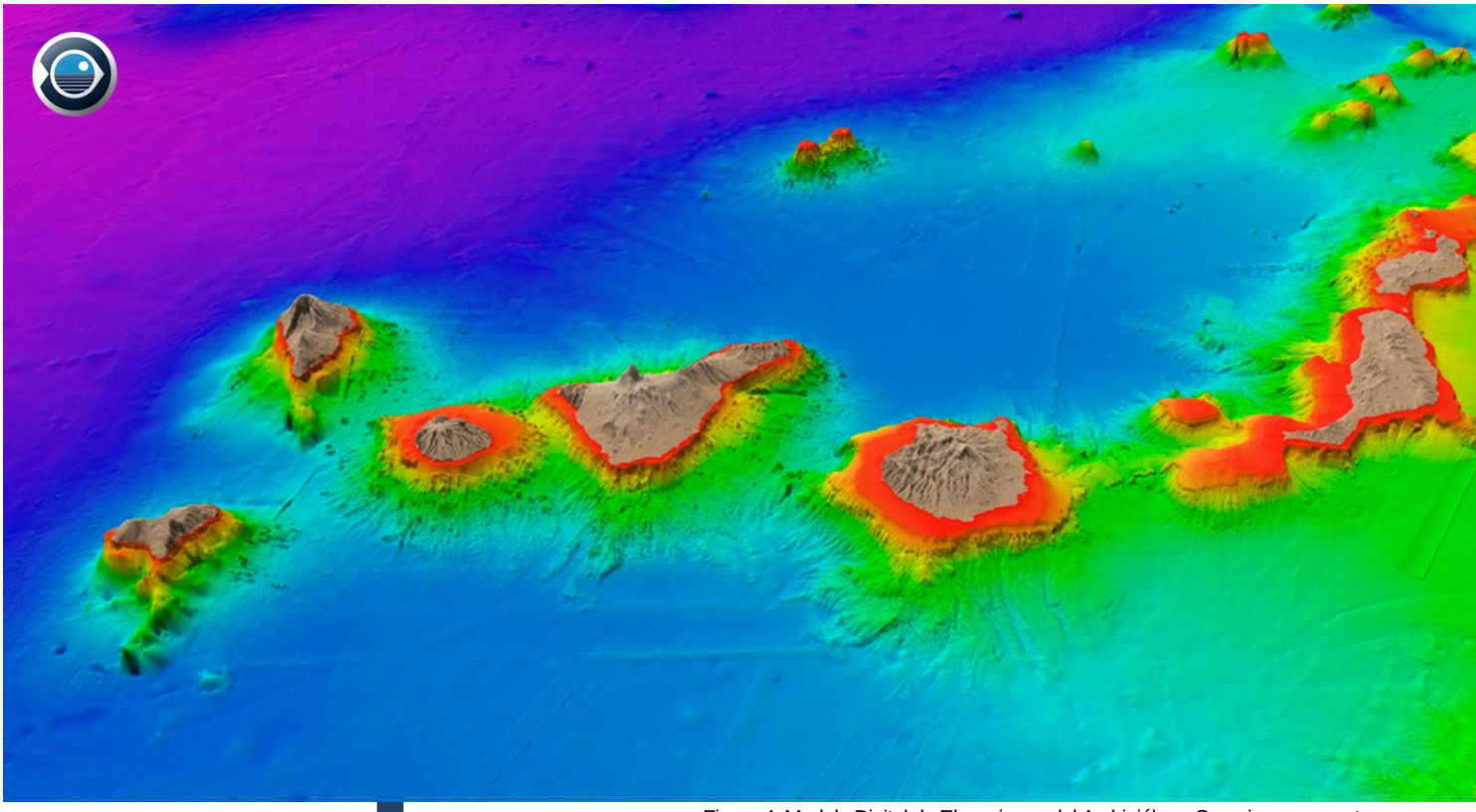


Figura 4. Modelo Digital de Elevaciones del Archipiélago Canario que muestra el relieve de los fondos marinos, generados a partir de datos adquiridos con ecosonda de multihaz. La topografía submarina hasta aprox. -100 m (franja roja o naranja fuerte) muestra un resalte o plataforma sumergida. Ésta debió formarse por abrasión costera en épocas geológicas pasadas, cuando el nivel del mar descendió notablemente, a consecuencia de las glaciaciones. La información batimétrica ha sido procesada por el IEO y adquirida en colaboración con otros organismos en el marco de distintos proyectos en los que el IEO ha participado (Imagen cortesía del IEO, Instituto Español de Oceanografía).

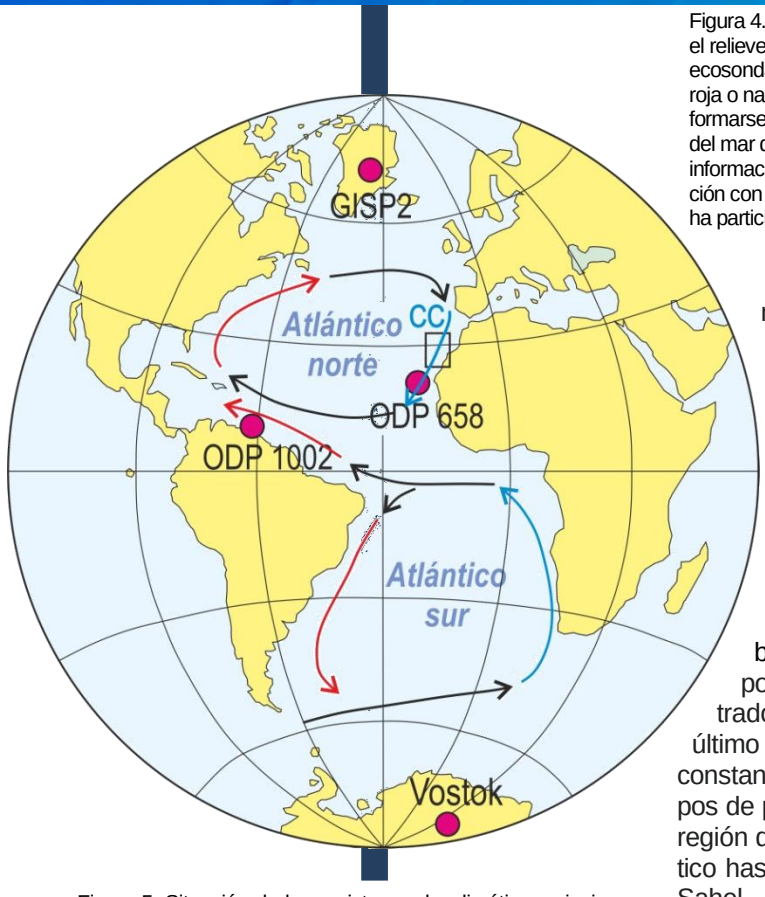
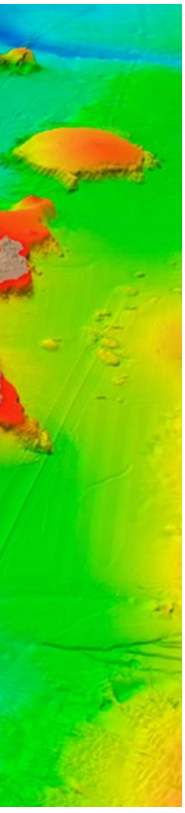


Figura 5. Situación de los registros paleoclimáticos principales del Atlántico, obtenidos a partir de testigos de perforación profunda en sedimentos marinos (ODP: Ocean Drilling Program) y en hielos de la Antártida (Vostok) y de Groenlandia (GISP2).

En la franja Nord-atlántica y mediterránea de África (actuales Marruecos y Argelia) la vegetación era de tipo tropical semidesértica; mientras que el Sahara era desértico tropical extremo. Salvo algunas zonas elevadas, donde se formaron pequeños glaciares de montaña, el Sahara y otros desiertos de arena de África se expandieron notablemente.

Respecto a las poblaciones del norte de África, se han podido establecer conexiones indirectas con los antiguos pobladores canarios. Aunque de los primeros pobladores de Canarias no se han encontrado vestigios directos que se remonten al último máximo glacial. Sin embargo, si se tiene constancia de que hace unos 20.000 años grupos de pastores nómadas habitaban una extensa región del norte de África, desde el océano Atlántico hasta Libia y desde el Mediterráneo hasta el Sahel. Y estos grupos étnicos, denominados bereberes, compartieron un mismo grupo de lenguas bereberes, o “amazigh”, con los primeros canarios.



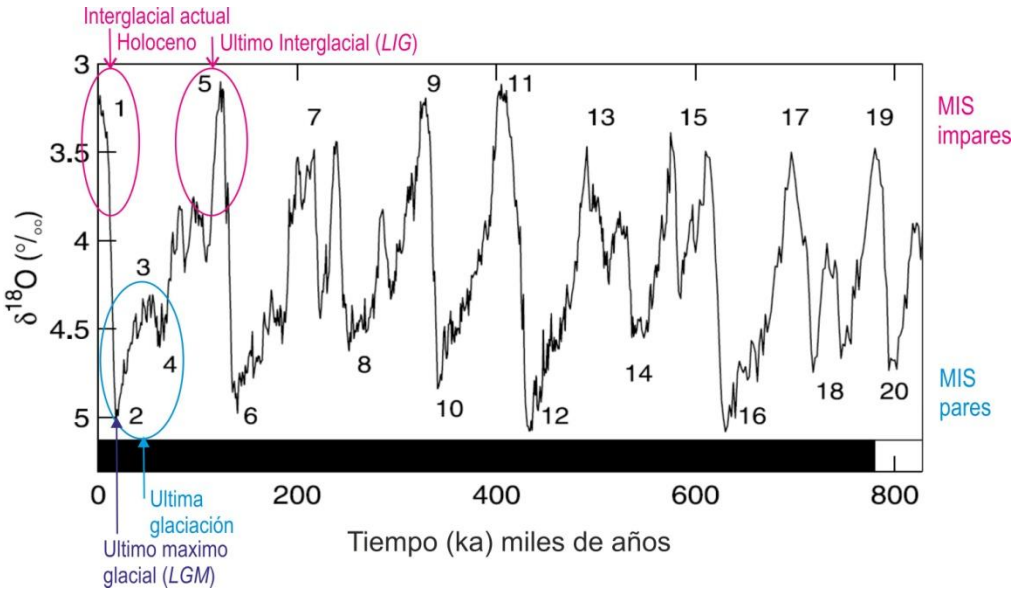


Figura 6. Representación de los períodos MIS (*Marine Isotope Stages*) identificados a partir del $\delta^{18}O$ de los foraminíferos bentónicos de registros distribuidos globalmente (Lisiecki y Raymo, 2005). Los MIS pares son periodos glaciales (o glaciaciones), cuyos valores más pronunciados corresponden al MIS2 (la última glaciación, entre los 11.700 y 70.000 años) y a los MIS6, MIS10, MIS12 y MIS16 (las glaciaciones anteriores). Y los MIS impares son periodos interglaciales, siendo MIS1 el más moderno, interglacial Holoceno actual, que comprende los últimos 11.700 años.

Registros paleoclimáticos del Atlántico

Con el fin de reconstruir las oscilaciones del clima a lo largo del Cuaternario se utilizan "*proxies*", que son indicios o medios indirectos, de varios tipos. Especialmente los *proxies* basados en las variaciones de los isótopos de oxígeno con el tiempo (Oxígeno-18/Oxigeno-16, $\delta^{18}O$ $^{0}/_{00}$) han revolucionado nuestra forma de comprender los cambios climáticos del pasado geológico.

Por un lado, se han utilizado los testigos de perforación de sedimentos marinos con sus foraminíferos fósiles y el análisis de *alquenonas* (moléculas biomarcadoras que indican la temperatura de formación), que han permitido reconstruir las temperaturas superficiales marinas (SST, *Sea Surface Temperature*). Y, por otro lado, se han empleado los registros de testigos (o núcleos) de hielo perforados en la Antártida y en Groenlandia (Fig. 5). El análisis químico de las burbujas de aire atrapadas en el hielo permite tener acceso a los cambios químicos producidos en la atmósfera a lo largo de miles de años, junto a las variaciones locales de la temperatura del aire.

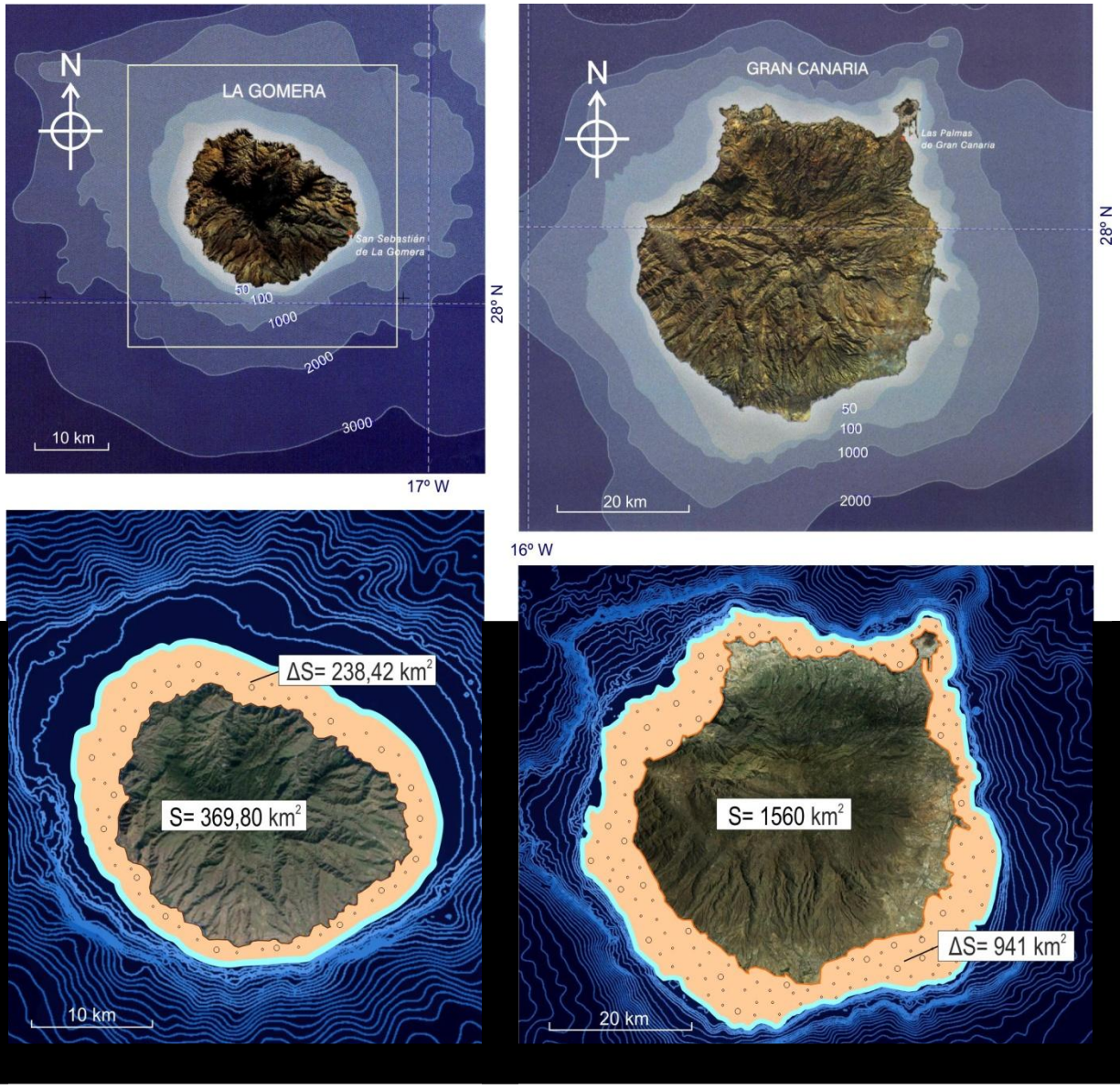
Estos dos tipos de *proxies* tienen la gran ventaja de haber sido depositados de forma continua, durante largos periodos de tiempo, dando acceso a una lectura continua de los cambios climáticos del pasado. En el Atlántico, los registros paleoclimáticos más empleados en la actualidad son los de GISP-2, perforación en el hielo de Groenlandia, y los del ODP658, perforación en sedimentos marinos frente a la costa de Mauritania (Fig. 5).

La mayoría de los registros del Cuaternario de testigos de hielo comprenden los últimos 420 ka (ka: miles de años), e incluso estudios recientes alcanzan los 800 ka, cubriendo desde el Pleistoceno medio hasta el Holoceno (Fig. 6). Sin embargo, las edades de los registros de sedimentos marinos alcanzan los 5,2 Ma (Ma: millones de años), es decir, se extienden hasta el Plioceno inferior.

Geomorfología de las islas Canarias durante la última glaciación

A partir de la observación de la figura 4, que muestra la topografía emergida y sumergida del archipiélago canario, se obtiene una visión bastante clara de la geomorfología de los márgenes insulares. En este apartado se hace una reconstrucción de la paleogeografía de las islas durante la última glaciación, con el propósito de obtener una "foto fija" de cómo eran hace unos 21.000 años. Aunque la configuración del paisaje insular pueda resultar difícil de reconstruir en detalle para aquella época, se puede realizar una reconstrucción por islas basada en dos argumentos: primero, si hace 21.000 años el nivel del mar estaba -120 m más bajo que el actual, a partir de la topografía submarina podríamos obtener las áreas que entonces estaban emergidas. Y, segundo, sería conveniente añadir algunos testimonios geológicos de confirmación, para sustentar la reconstrucción.

Para obtener la "foto fija" de hace 21.000 años del archipiélago bastaría hacer un sencillo "ejercicio" que consiste en rebajar el nivel del mar hasta



los -120 m y mostrar cual sería la geomorfología resultante. Las figuras 7 y 8 son ejemplos de este ejercicio. Dado que durante la última glaciación el nivel del mar estuvo por debajo de los -100 m al menos durante 6000 años (Fig. 3), se ha decidido tomar la isobata -100 m como representativa para definir los contornos de la línea de costa de aquella época.

Una vez marcado el contorno en cada isla de las áreas que estuvieron emergidas en el último máximo glacial (LGM) (Figs. 7 y 8), se han podido medir las superficies que quedaron emergidas en aquella época, en forma de incremento de áreas (ΔS), en extensión (km^2) y en porcentaje (%), y se han obtenido unas cifras notables. A partir de los valores de la Tabla 1 se desprenden las siguientes conclusiones: 1º) La topografía submarina indica que hace 21.000 años cinco de las islas (La Gomera, Tenerife, Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura) dejaron expuestas al aire entre 238 y 1392 km^2 de plataforma insular, mientras que La Palma y El Hierro apenas aumentaron su zona emergida; 2) en cuatro de las islas, el incremento de la superficie emergida superó el 60% y en dos de ellas estuvo próximo al 80%; 3) en extensión, el incremento de la superficie emergida estuvo entre 455 km^2 y 1392 km^2; 4) la suma de las áreas que dejaron de estar sumergidas en el archipiélago canario durante el LMG alcanzó los 3706 km^2; y 5) en las islas con una plataforma extensa (LG, GC, FV y LZ) el ΔS promedio en porcentaje fue del 62% y en su conjunto, contando todas las islas, de casi el 45%.

Y, en segundo lugar, se aportan testimonios geológicos de dos tipos que corroboran esa posición relativa del nivel del mar, de al menos -100 m por debajo del nivel del mar actual. El testimonio más destacado lo encontramos en el tubo volcá-

Figura 7. Ortofotos y topografía submarina de las islas de La Gomera y Gran Canaria, obtenida de la cartografía de GRAFCAN-IEO, escala 1:500.000. Entre la línea de costa actual y la isobata -100 m se han dibujado unas franjas de terreno (color beige claro). Durante la última glaciación a las áreas de las zonas emergidas actuales (S) se sumaron esas franjas de terreno, que supondrían un incremento significativo en las superficies emergidas (ΔS). Este incremento supuso un aumento superior al 60% en las superficies emergidas de estas dos islas.

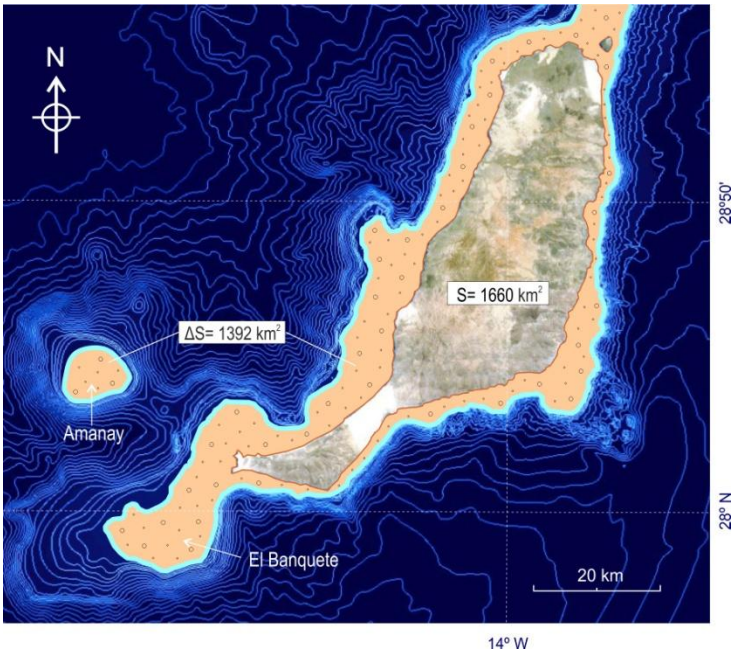


Figura 8. Ortofoto y topografía submarina en torno a la isla de Fuerteventura, obtenida de la cartografía de GRAFCAN-IEO, escala 1:500.000. Entre la línea de costa actual y la isobata -100 m se han establecido unas franjas de terreno (color beige claro) que corresponden a las áreas que quedaron emergidas durante la última glaciación. Además de una amplia plataforma en torno a Fuerteventura, de 2 a 8 km de ancho, quedaron emergidos los montes submarinos de Amanay y El Banquete, cuyo relieve superior es marcadamente plano, en forma de meseta, y testimonia la acción erosiva del mar que actuó labrando amplias plataformas de abrasión. El incremento de las superficies emergidas (ΔS) hace unos 21.000 años entorno a Fuerteventura fue del 84%.

Isla	S actual (Km^2)	ΔS (Km^2)	ΔS (%)	S LGM (Km^2)
Lanzarote	845,90	663,1	78,39	1509
Fuerteventura	1660	1392	83,86	3052
Gran Canaria	1560	941	60,32	2501
Tenerife	2034	455	22,37	2489
La Gomera	369,80	238,42	64,47	608,22
La Palma	708,32	14,16	~2	722,48
El Hierro	268,71	2,69	~1	271,40
Suma	7446,73	3706,37	---	11153,10

Tabla 1. Incremento de la superficie de las Islas Canarias durante el último máximo glacial (LGM), hace unos 21.000 años, respecto a las superficies actuales.

nico del Volcán Corona en el norte de Lanzarote. Dicho tubo volcánico es bien conocido como atracción turística, pues "asoma" a la superficie en la zona de los Jameos del Agua. Las observaciones geológicas han permitido reconocer que este conducto discurre desde el Volcán Corona en dirección este, alcanza 7,6 km de longitud y tiene en sección diámetros variables, de hasta 25 m, y se formó en las primeras fases de la erupción. Actualmente, el último tramo de 1,6 km está sumergido, finalizando a una profundidad de más de -80 m bajo el nivel del mar actual[4]. Estos autores obtienen una edad media radio-isotópica para las lavas que constituyen el tubo de 21 +/-6,5 ka (ka: miles de años); además, consideran que el tubo volcánico no habría podido progresar, mediante un flujo de lava interno, circulando por un medio subacuático, porque la lava se habría enfriado y habría dejado de fluir.

El último periodo glacial produjo en Canarias un incremento notable de la superficie de las islas, con un aumento promedio del 45%, llegando a tener unos 11.154 km^2 en vez de los 7.447 km^2 actuales. Las islas de Gran Canaria, La Gomera, Lanzarote y Fuerteventura estaban rodeadas de una amplia plataforma con extensas playas arenosas.

Son efectos de la última glaciación el gran espesor de sedimentos de los barrancos de decenas de metros cerca de su desembocadura y, singularmente, el tubo volcánico del Volcán Corona, Lanzarote, que se adentra en el mar hasta una profundidad de más de -80 m. Su formación coincidió con un pronunciado descenso del nivel del mar durante el último periodo glaciar, hace unos 21.000 años.

Sin embargo, concluyen que la lava fluyó sobre una plataforma costera emergida, de al menos 1,6 km de ancho, y discurrió hasta una cota al menos -80 m más baja que la costa actual. Todo ello indica que la formación del tubo volcánico coincidió con un pronunciado descenso del nivel del mar durante el último periodo glacial, hace unos 21.000 años.

Otro testimonio geológico, de la influencia en Canarias de la bajada del nivel del mar durante las glaciaciones, lo constituyen los potentes depósitos aluviales próximos a la desembocadura de los barrancos, cuya base queda muy por debajo del nivel del mar actual. Estos depósitos indican un encajamiento notable de los barrancos pues dejaron espesores de depósitos aluviales de decenas de metros. Por ejemplo, en Valle Gran Rey, al oeste de La Gomera, los depósitos aluviales tienen unos 40 m de espesor; en el barranco de San Nicolás, oeste de Gran Canaria, superan los 85 m y en el abanico deltaico del barranco de Tirajana, sureste de Gran Canaria, alcanzan los 100 m.

Causas de la variada anchura de las plataformas insulares

Además, quedaría por encontrar una posible explicación a la diferente amplitud de las plataformas insulares. Según se indicó antes, en los márgenes insulares de La Gomera, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote existe una amplia plataforma, de 2 a 20 km de anchura, sumergida a más de -100 m de profundidad[1], que indicaría que existieron largos periodos de abrasión marina en el pasado[2], cuando el nivel del mar estaba muy por debajo del actual. Sin embargo, esas amplias plataformas contrastan con la reducida anchura que tienen en las otras islas principales (El Hierro, La Palma y Tenerife) donde apenas configuran un pequeño escalón.

A continuación, se plantean diversas causas que podrían justificar el mayor o menor desarrollo de las plataformas insulares y los procesos geológicos que pudieron actuar en su formación. Primero, las diferentes anchuras de las plataformas insulares podrían atribuirse al diferente estado de crecimiento de los edificios insulares. Varios autores[5] consideran tres grupos de islas en el archipiélago canario según su grado de evolución erosiva, al comparar el volumen de materiales volcánicos emitidos y la relación de aspecto (altura/base) de cada isla con las edades de las rocas volcánicas emergidas más antiguas (edades en Ma: millones de años). Estos grupos son: 1) Fuerteventura (20,6 Ma), Lanzarote (15,5 Ma), Gran Canaria (14,5 Ma) y La Gomera (12,0 Ma) que son claramente islas antiguas, cuyos edificios subaéreos han sido afectados por la erosión de forma prolongada y se encontrarían en una etapa senil. (2) Tenerife (11,6 Ma), la isla más alta y voluminosa, está en una etapa de máximo crecimiento, y no presenta aun signos notables de erosión en sus márgenes sumergidos. Y, por último, (3) las islas de La Palma (1,77 Ma) y El Hierro (1.12 Ma) son con diferencia las islas más modernas y están ambas aun en una etapa juvenil de crecimiento. Las islas del grupo 1 tienen amplias plataformas insulares y además sus rocas emergidas son antiguas, entre 20,6 y 12 Ma. Sin embargo, Tenerife, incluida en el grupo 2, es un caso singular, pues aun contando con edificios volcánicos antiguos, del Mioceno superior y del Plioceno, no presenta en su margen insular una amplia plataforma. Esto indica que Tenerife no ha permanecido estable durante un periodo prolongado de tiempo, que permitiera tallar por abrasión marina en sus márgenes una amplia plataforma. Estudios de geofísica profunda, realizados en las Islas Canarias[6], han revelado que existe una depresión litosférica centrada en la isla de Tenerife y

que debió actuar provocando un hundimiento de hasta -500 m en el edificio insular de Tenerife[7] y una flexión de la litosfera en los alrededores. La isla de Tenerife desde hace 3.5 Ma ha estado sometida a cargas isostáticas muy variables, a lo largo de su compleja historia geológica, y las reacciones de la litosfera a esas cargas han debido ser muy cambiantes en el tiempo. Todo ello pudo contribuir a una falta de estabilidad en la vertical y, en consecuencia, justificaría la ausencia de plataforma insular.

Otra causa, que se considera necesaria, es la abrasión marina de las costas pues, habiendo actuado durante intervalos de tiempo prolongado, facilitó el desarrollo de las plataformas insulares, hoy sumergidas. Y esta abrasión, como se dijo antes, tuvo lugar durante los periodos glaciales, cuando el nivel del mar estaba decenas de metros más bajo que el nivel del mar actual.

No obstante, todas las Islas Canarias, al superar el millón de años de antigüedad, debieron estar afectadas al menos por los cinco últimos periodos glaciales del Pleistoceno. El más reciente corresponde a la última glaciación (o etapa MIS2, MIS: *Marine Isotope Stage*) y tuvo lugar entre hace 12.000 y 70.000 años. Y las glaciaciones principales anteriores (MIS6, MIS10, MIS12 y MIS16), se produjeron hace entre 150 y 700 ka (ka: miles de años). Es decir, en su conjunto, abarcarían el Pleistoceno medio y superior (Fig. 6).

Todas estas etapas glaciales produjeron bajadas del nivel del mar que alcanzaron los -100 m por debajo del nivel del mar actual y mantuvieron su influencia durante miles de años. Es decir, todas, o parte de ellas, pudieron ser responsables de la erosión o retrabajamiento de la costa, para dar como resultado final el relieve submarino que encontramos hoy. En consecuencia, las plataformas submarinas actuales pueden ser formas heredadas, resultado de uno o varios periodos glaciales, que tuvieron lugar durante el Pleistoceno medio y superior. Tampoco se puede descartar que sean formas heredadas de épocas anteriores, del Pleistoceno inferior o el Gelasiense que se extienden hasta hace 2,6 Ma, el inicio del Cuaternario. Pero es improbable que sean más antiguas, pues precisamente con el inicio del Cuaternario se establece la alternancia climática entre etapas glaciales e interglaciales. Este último razonamiento permitiría justificar la ausencia de plataforma insular en torno a La Palma y El Hierro, pues ambas se originaron hace más de 1 millón de años.

Las plataformas submarinas actuales pueden ser formas heredadas, resultado de uno o varios periodos glaciales, que tuvieron lugar durante el Pleistoceno. Las plataformas insulares en Canarias deben su origen geológico a la combinación de la estabilidad vertical y la acción erosiva del mar, mantenidas durante un prolongado periodo de tiempo.

La ausencia de plataforma insular en Tenerife, La Palma y el Hierro, puede atribuirse a los grandes deslizamientos que afectaron a sus flancos y que se sucedieron a lo largo del Cuaternario. Estos deslizamientos gigantes modificaron el relieve costero e impidieron la estabilidad necesaria de las vertientes, prolongada en el tiempo, para que progresaran las plataformas de abrasión marina.

Tomadas en conjunto las posibles causas arriba descritas, puede concluirse que las plataformas insulares en Canarias deben su origen a la combinación de la estabilidad vertical y la acción erosiva del mar, mantenidas durante un prolongado periodo de tiempo. Los periodos glaciales produjeron las plataformas de abrasión originales, hoy sumergidas a unos -100 m bajo el nivel del mar actual, y que pudieron ser retrabajadas en sucesivos periodos glaciales a lo largo del Cuaternario. Y respecto a las islas de Tenerife, La Gomera y El Hierro, donde las plataformas son casi inexistentes, pueden aducirse dos hipótesis:

1) falta de estabilidad en la vertical, con fluctuaciones repetidas en el tiempo, por fenómenos isostáticos; 2) que no fueran afectadas por las principales glaciaciones del Cuaternario, de los últimos 700 ka, ni tampoco por etapas glaciares anteriores. Con los conocimientos actuales, la primera hipótesis resulta la más probable.

Los sedimentos sobre las plataformas insulares

También debe hacerse una reflexión acerca de los depósitos sedimentarios que están sobre la plataforma insular de las islas, toda vez que son superficies planas con leve inclinación y que facilitan la deposición y acumulación de sedimentos.

Hay estudios recientes centrados en el margen insular de Gran Canaria, en sus rasgos geomorfológicos[8] y en las características de los sedimentos superficiales de la plataforma sumergida de esta isla[9]. Estos permiten concluir que: 1) a una profundidad media de -100 m se produce el cambio de pendiente del borde de la plataforma insular, si bien la profundidad máxima alcanza los -300 m; 2) en su mayoría, hay arenas medias y finas, poco carbonáticas, y con selección entre moderada y pobre, que se localizan al NW, N, E y SE de la isla; y 3) los sedimentos carbonáticos de mayor tamaño de grano que los anteriores, en general pobremente seleccionados, se acumulan en el resto de la plataforma. Por otro lado, otros autores[10] han sugerido que las áreas de plataforma insular pudieron proveer de arenas carbonáticas a las islas Canarias orientales, durante las eras glaciales.

Además, la historia geológica de Canarias incluye grandes deslizamientos que afectaron a los flancos y taludes insulares, modificando su morfología y cuyos depósitos en general traspasaron el margen de las plataformas sumergidas. A lo largo del Cuaternario se produjeron deslizamientos gigantes que afectaron a los flancos nordeste y sureste de Tenerife, el flanco oeste de La Palma y los márgenes noroeste, suroeste y sureste de El Hierro[1]. Estos grandes deslizamientos modificaron el relieve costero de estas islas e impidieron la estabilidad necesaria de las vertientes para que progresaran las rasas costeras y el desarrollo ulterior de plataformas insulares. Y, a una escala menor, los grandes desprendimientos rocosos también han modificado las costas y sus depósitos han alcanzado las plataformas insulares. No obstante, la información directa de estos depósitos es escasa por estar hoy sumergidos (1).

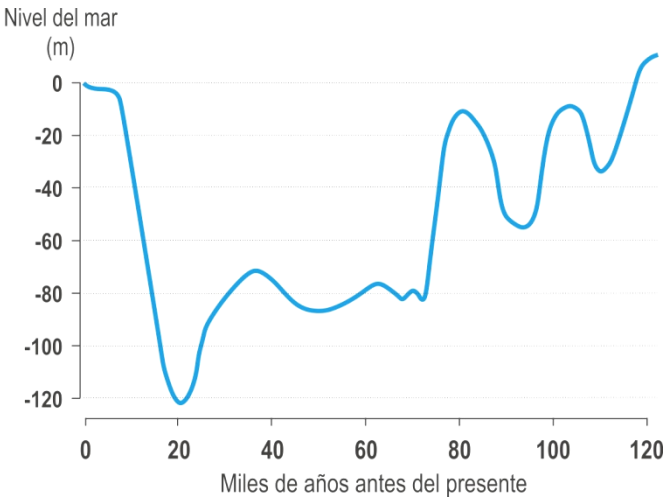


Figura 9. Cambios del nivel del mar en los últimos 120.000 años. Reconstrucción generalizada del valor medio del nivel del mar (NMM) basada en Camoin et al. (2004).

Y, por último, los depósitos aluviales, aportados por los barrancos principales de las islas hacia el mar han quedado adosados a los márgenes insulares en forma de abanicos deltaicos a partir de su desembocadura. No obstante, estos depósitos sedimentarios han quedado en gran parte desfigurados por las corrientes marinas y la información disponible de estos sedimentos es escasa.

¿Y qué ha ocurrido desde entonces?

A escala global, a partir de la figura 8 se pueden explicar los cambios principales del nivel del mar desde el último periodo interglacial (Eemiense), hace unos 120.000 años, hasta la actualidad. Hace 120 ka (ka: miles de años) el nivel del mar estaba unos 10 m por encima del actual. Entre 110 ka y 70 ka el nivel del mar fue descendiendo, con amplias fluctuaciones, hasta los -60 m. Es el inicio de la última glaciación. A continuación, hubo un periodo de relativa estabilidad en torno a los -80 m. Y después se produjo una caída extrema del nivel del mar en torno a los 21 ka, que constituye el último máximo glacial. Le sucede un rápido ascenso del nivel del mar, que corresponde al Holoceno. Finalmente, a partir de los 6000 años (óptimo climático del Holoceno) la curva tiende a estabilizarse.

Sin embargo, las curvas climáticas del Holoceno muestran fluctuaciones y de su observación detallada pueden obtenerse tres ideas de interés: 1) a escala global se dio un “optimo climático” entre hace 7.000 y 5.000 años; 2) el clima del Holoceno Medio, en torno hace 6.000 años, fue en general más cálido que el actual, sobre todo du-

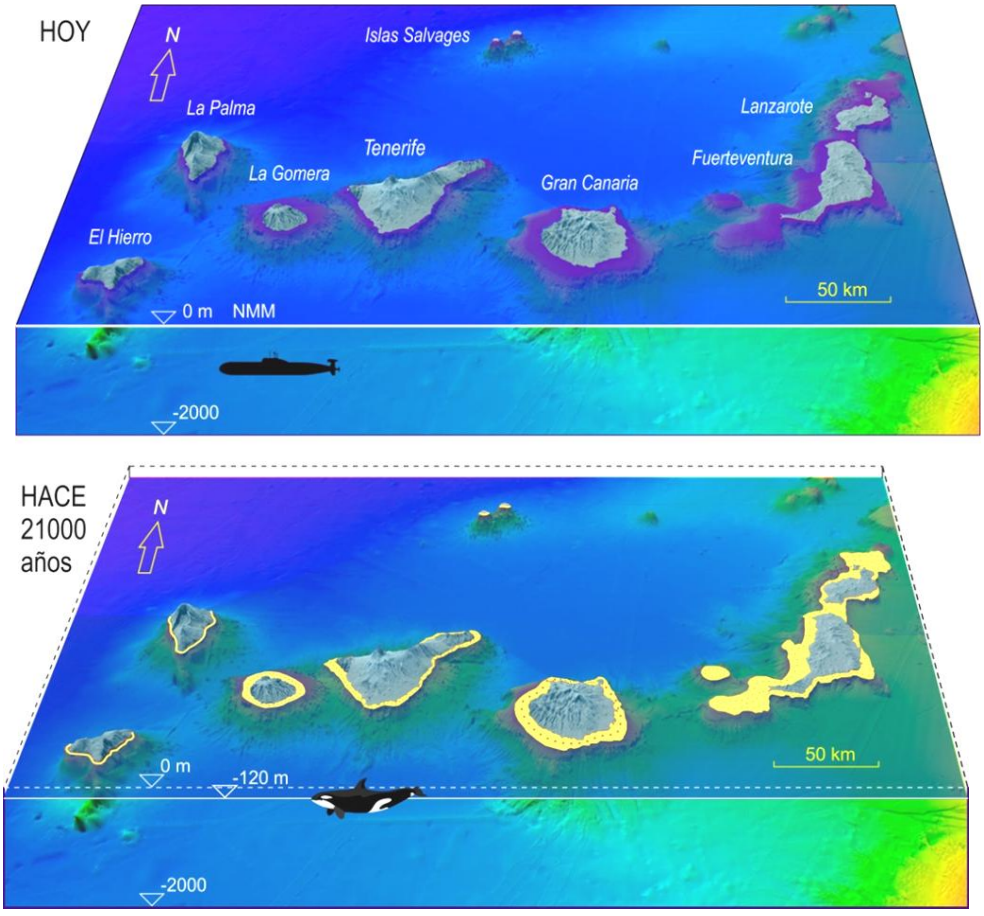


Figura 10. Recreación en 3D del relieve de las Islas Canarias en la actualidad (arriba) y hace 21.000, durante la última glaciación (abajo). En aquella época las zonas de plataformas insulares emergidas (en amarillo) supusieron un aumento de unos 11.153 km^2 en la superficie de las islas (Tabla 1). Elaboración propia a partir de la imagen de la Fig. 4 cedida por el IEO.

rante los veranos en el hemisferio norte y, en algunos lugares, también en invierno; 3) los registros paleoclimáticos indican una coincidencia de periodos históricos conocidos (Minoico, Romano y Medieval) con épocas cálidas; y confirman la existencia de otros periodos relativamente más fríos, como la "Dark Age", época fría previa a la Edad Media, y la "Little Ice Age" o Pequeña Edad de Hielo.

Del Holoceno en Canarias han quedado registrados varios cambios significativos del nivel del mar[11]. En concreto, hubo subidas de +2 m hace unos 1.450 años y de +2,5 m hace unos 4.200 años con respecto al nivel medio del mar actual. Además, hay testimonios de que hace unos 3.000 años el nivel del mar alcanzó una altura próxima a la actual. Es decir, en orden cronológico, en los últimos 5.000 años el Atlántico tuvo una subida del NMM de 2,5 m hace 4.200 años; una bajada hasta los 0 m hace 3.000 años, una nueva subida de 2 m hace 1.450 años, y finalmente una bajada hasta el nivel del mar actual.

Conclusión

Los diversos temas tratados en los apartados anteriores no deberían apartar nuestra atención del objeto principal de este artículo: obtener una reconstrucción paleogeográfica de cómo fueron las islas Canarias hace 21.000 años en el momento álgido de la última glaciación. La figura 10 muestra esa "foto fija" en comparación con la geografía actual.

En conclusión, los periodos glaciales, con las consiguientes bajadas del nivel del mar, produjeron las plataformas de abrasión originales hoy sumergidas a unos -100 m bajo el nivel del mar actual y que pudieron ser retrabajadas en sucesivos periodos glaciales a lo largo del Cuaternario.

Agradecimientos

El autor agradece al Dr. Jesús Rivera del Instituto Español de Oceanografía el permiso para reproducir el Modelo Digital del Terreno de elevaciones del Archipiélago canario. También quiere agradecer la estrecha colaboración del profesor Dr. Joaquín Meco Cabrera y el intercambio de ideas con los geólogos José Miguel Medina y Benito García Henríquez.

Bibliografía

(1) IGME. 2005. Mapa geomorfológico de España y del margen continental a escala 1:1.000.000. Instituto Geológico y Minero de España. Área de Cartografía Geológica; Martín-Serrano, A., ed. , Madrid. 232 pp y 2 mapas.

(2) Krastel, S. Schmincke, H.-U., Jacobs, C.L., Rihm, R., Le Bas, T.P., Alibés, B. 2001. Geo-marine Letters, 20:160-167.

(3) Mélières, M. A., Maréchal, C. 2015. *Climate Change: Past, Present, and Future*. John Wiley & Sons.

(4) Carracedo, J. C., Singer, B., Jicha, B., Guillou, H., Rodríguez Badiola, E., Meco, J., Pérez Torrado F.J., Gimeno, D., Socorro, S., Láinez, A. 2003. *Est. Geol.*, 59:277-302.

(5) Carracedo, J.C., Pérez Torrado F.J., Ancochea E., Meco J., Hernán F., Cubas C.R., Casillas R., Rodríguez Badiola E., Ahijado A. 2002. Cenozoic volcanism II: The Canary Islands. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno editores). The Geological Society. London. 439-472

(6) Watts, A.B. 2000. The growth and decay of oceanic islands. En: *Geomorphology and global tectonics* (M.A. Summerfield, ed.). John Wiley & Sons, Chichester, 338-360.

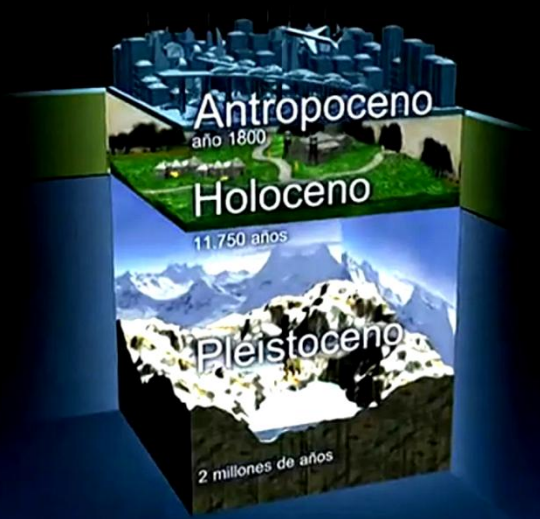
(7) Collier, J.S., Watts, A.B. 2001. *Geophys. J. Int.*, 147: 660-676.

(8) Sánchez, M. J., Quartao, R., Alonso Bilbao, I., Montoya Montes, I., Casamayor, M., Rodríguez, S. 2017. *Geotemas* 17:331-333.

(9) Montoya Montes, I., Alonso Bilbao, I., Sánchez, M. J., Marrero, N., Casamayor, M., Rodríguez, S. 2017. *Geotemas* 17:335-338

(10) Muhs, D. R., Meco, J., Budahn, J. R., Skipp, G. L., Simmons, K. R., Baddock, M. C., Betancort, J.F., Lomoschitz, A. 2021. *Quat. Sci. Rev.*, 265:107024.

(11) Meco, J., Lomoschitz, A., Rodríguez, Á., Ramos, A. J., Betancort, J. F., Coca, J. 2018. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 507: 214-225.



¿Qué **pescamos**?

¿Qué deseamos **comer**?

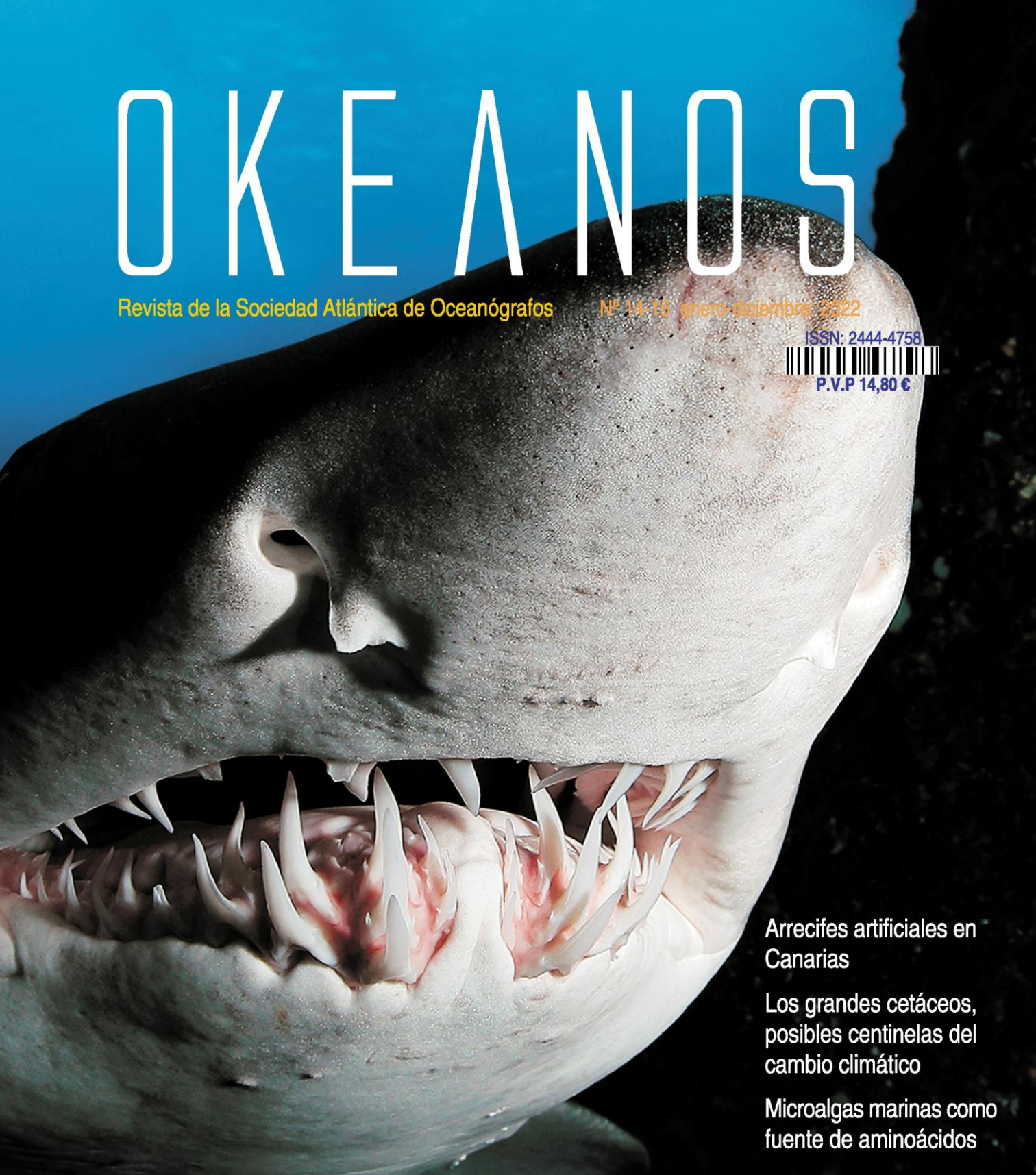
¿Qué **futuro** queremos para **nuestros mares**?

OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos Nº 14-15 enero-diciembre 2022

ISSN: 2444-4758

P.V.P 14,80 €



Arrecifes artificiales en Canarias

Los grandes cetáceos, posibles centinelas del cambio climático

Microalgas marinas como fuente de aminoácidos

Comunidades bentónicas en un volcán activo de la Antártida

Editor Jefe Dr. José Juan Castro Hernández
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)
Editor Técnico D. Jorge A. Liria (Mercurio Editorial)
Coordinadores de sección. Artículos científicos Dr. Aridane González González (Universidad de Las Palmas de GC)
Personajes y efemérides D. Airam Sarmiento Lezcano y D. Amir Cruz Makki (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)
Agenda Dr. Juan Fco. Betancort Lozano
(Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)
Noticias y Libros Dra. Miriam Torres Padrón (Departamento de Química. Universidad de Las Palmas de GC) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)
Entrevistas Juan Fco. Betancort Lozano
Monstruos Marinos Dr. José J. Castro (Inst. Univ. EcoAqua. Univ. de Las Palmas de GC)
Fotografía Dr. Aketza Herrero Barrencua
(Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)
Mantenimiento Web Dr. Francisco J. Machín Jiménez
(Universidad de Las Palmas de GC)

Maquetación y cuidado de la revista D. Jorge A. Liria

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial
(www.mercurioeditorial.com)
Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es
Teléfono: (+34) 928454549

Mercurio Editorial
Oficina comercial
c/ Berbiquí, 17-19
Polígono Industrial Santa Ana
28529 Rivas-Vaciamadrid (Madrid)

Impreso en Reprográficas Malpe, SA
Calle de la Calidad, 34 (Polígono Industrial Los Olivos)
28906 Getafe (Madrid)

ISSN: 2444-4758
DL: GC 639-2015

04 EDITORIAL
06 Comunidades bentónicas en un volcán activo de la Antártida. Carlos Angulo-Preckler
14 Arrecifes artificiales en Canarias: 1983-2021. José J. Castro, Vicente Benítez, Airam Guerra, Lorena Couce y David Jiménez
18 ¿Pescar o no pescar? Cangrejos invasores y el efecto Hidra. Raül Triay Portella
24 Una ecuación matemática para conocer cómo se distribuye un alga en los charcos de marea. Ángela Gómez Alcañiz y Rodrigo Riera Elena
28 Las Islas Canarias hace 21.000 años ¿cómo les afectó la última glaciación? Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa
42 Los grandes cetáceos, posibles centinelas del cambio climático. Jacint Nadal
48 Recogida de datos de capturas en Zanzíbar (Tanzania). Batuli M. Yahya, José Juan Castro Hernández y Lorena Couce Montero
42 Microalgas marinas como fuente de aminoácidos. Paula Santiago Díaz y Argimiro Rivero Rosales
54 Cremas solares: ¿protegan también a los organismos marinos? Ana Teresa Santana-Ortega y otros
60 MAXAR Seastar Services: aplicaciones de nuevas tecnologías a la pesca sostenible de especies pelágicas. Iratxe Díaz y Unai Ganzedo
66 ¿Química orgánica en Oceanografía? Paula Santiago Díaz, Argimiro Rivero Rosales, Milagro Rico Santos y J. Magdalena Santana Casiano
71 OKEANOS DE FOTOS. William Tan
98 Conocer las profundidades: los peces aceptan. Sara Biancardi
102 Fauna oculta en los bosques submarinos. Juan Carlos De La Rosa Valdivia y Rodrigo Riera
104 Medusas en Canarias. Explorando su papel en la cadena trófica. Daniel Rickue Bondyale Juez, Vanesa Romero Kutzner, Ico Martínez y May Gómez
116 Caracterización del marisqueo en la costa norte de Gran Canaria. Julio César Bolaños Ramos y José J. Castro
120 ENTREVISTA A: Beatriz Morales-Nin
124 El pesquero portugués *Alcyon*, hundido por la baja de Gando. Vicente Benítez Cabrera
134 PERSONAJES. Gonzalo Krohn Barba. Vicente Benítez Cabrera
138 NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro
150 EFEMÉRIDES. Sylvia Alice Earle. Líder en la protección y exploración de los océanos. Airam N. Sarmiento Lezcano
152 La expedición del Conde Argelejos desde Montevideo a Fernando Poo (1778). Jorge A. Liria
156 MONSTRUOS MARINOS (13). El sable negro. José Juan Castro
158 UN MAR PARA COMÉRSELO. Filete de lenguado con langostinos. Juan Manuel Hernández Pérez
160 RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Disponibles en todas las librerías y además
podrás comprarlos a través de nuestra web:
www.mercurioeditorial.com

Foto portada. Tiburón Toro (*Carcharias taurus*). Ogasawara. Japón (William Tan)