Un nuevo enfoque sobre el cambio

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

Los estudios del cambio climático se abordan hoy desde dos ciencias: 1) la Climatología, que analiza las variaciones del clima actual, a partir de series temporales de datos recientes, atmosféricos y marinos; y 2) la Paleoclimatología (del griego “palaois”, antiguo), que estudia los registros de cambios climáticos ocurridos en tiempos geológicos pasados.

Los estudios paleoclimáticos ofrecen un nuevo enfoque sobre el cambio climático. Estos trabajos de investigación centran sus esfuerzos en conocer las condiciones climáticas que tuvieron diversas regiones hace cientos, miles o incluso millones de años. Además, tienen como objetivo reconstruir la historia climática de la Tierra, en la que se han producido numerosos cambios globales, que fueron significativos y han quedado registrados (Fig. 1).

Las Islas Canarias comprenden siete islas volcánicas principales y varios islotes e islas menores situadas en el Océano Atlántico oriental, entre las latitudes 27º N y 30º N. Se extienden latitudinalmente unos 450 km y su extremo oriental está a unos 100 km de la costa NO de África (Fig. 3).

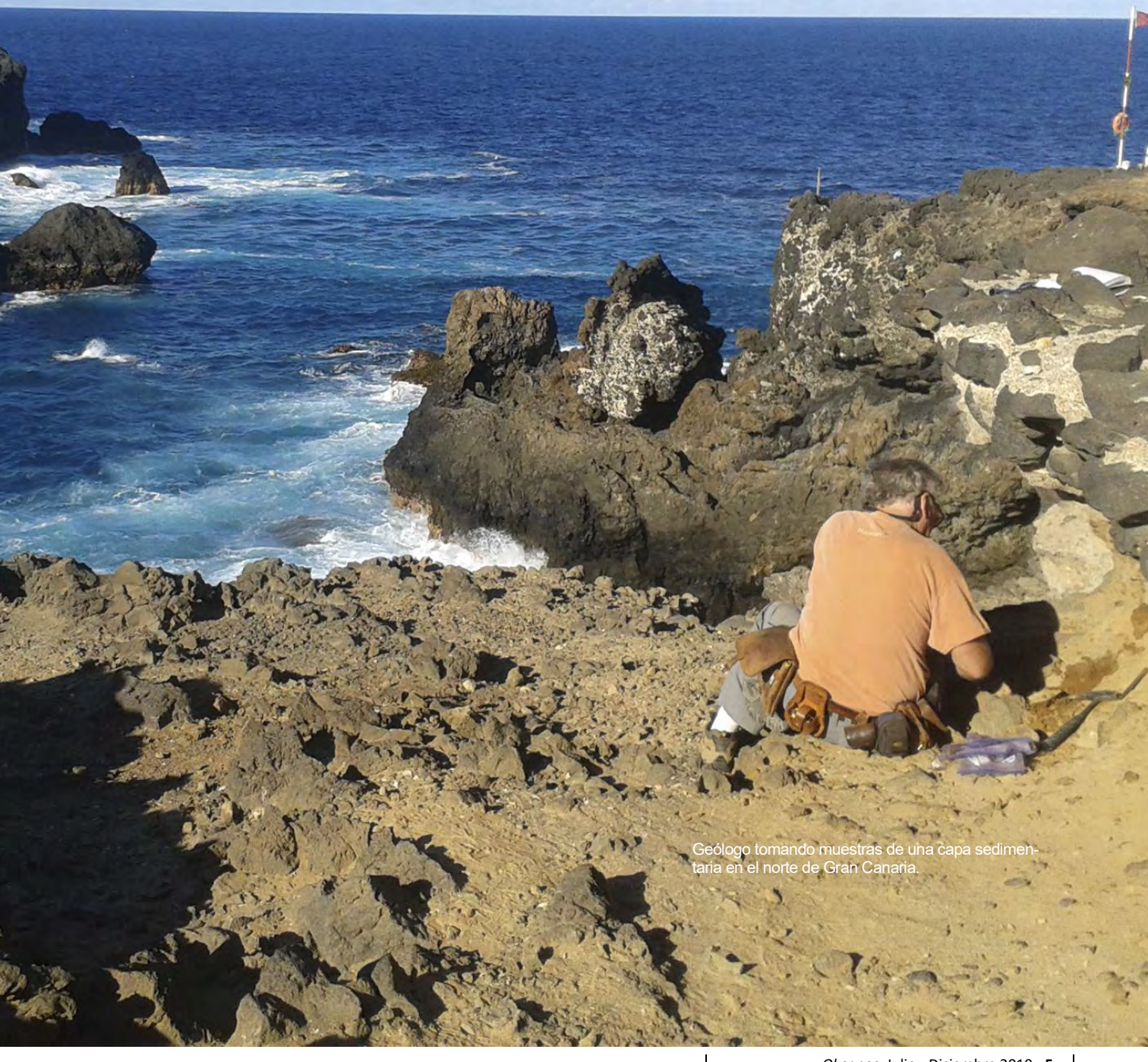
Testimonios de climas pasados

Las Canarias han tenido un lugar importante para el estudio de los cambios climáticos del pasado por su situación en el Atlántico Norte. Este océano ejerce un control dominante en las variaciones del clima de la Tierra a través de su papel en la circulación oceánica global. Además, el prolongado volcanismo de las Islas Canarias, desde el Mioceno hasta fechas históricas, ha producido coladas de lava que han dejado intercalados depósitos sedimentarios marinos y eólicos con un alto significado climático, lo que ha permitido un extenso control de las edades de dichos depósitos, que muy pocos lugares tienen (Fig. 4).

Por un lado, se han encontrado depósitos sedimentarios con organismos fósiles (marinos o terrestres) que permiten reconstruir las condiciones biogeográficas y climáticas de las islas en tiempos pasados. A esto se suma la posición afortunada de estas capas sedimentarias al encontrarse entre coladas volcánicas, que permiten obtener las edades a partir de dataciones radiométricas (K/Ar, Ar/Ar, C14,

climático

Escenarios paleoclimáticos de las Islas Canarias



Geólogo tomando muestras de una capa sedimentaria en el norte de Gran Canaria.

Situación geográfica de las Islas Canarias. En las Canarias orientales (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote) se han hallado los principales testimonios paleoclimáticos. (Figura. 3)

Miembros del equipo de investigación en Paleontología y Paleoclimatología de Canarias. De izquierda a derecha: Juan Francisco Betancort y Joaquín Meco (Facultad de Ciencias del Mar, Laboratorio de Paleontología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria),el autor y Daniel R. Muhs (USGS, United States Geological Survey). (Figura. 1)

series de Uranio, etc.). Y, por otro lado, en el Atlántico contamos con registros continuos de variables climáticas, provenientes de testigos de perforaciones profundas. Son de dos tipos: 1) testigos de hielo de la Antártida central y de Groenlandia y 2) testigos de sedimentos marinos del fondo oceánico.

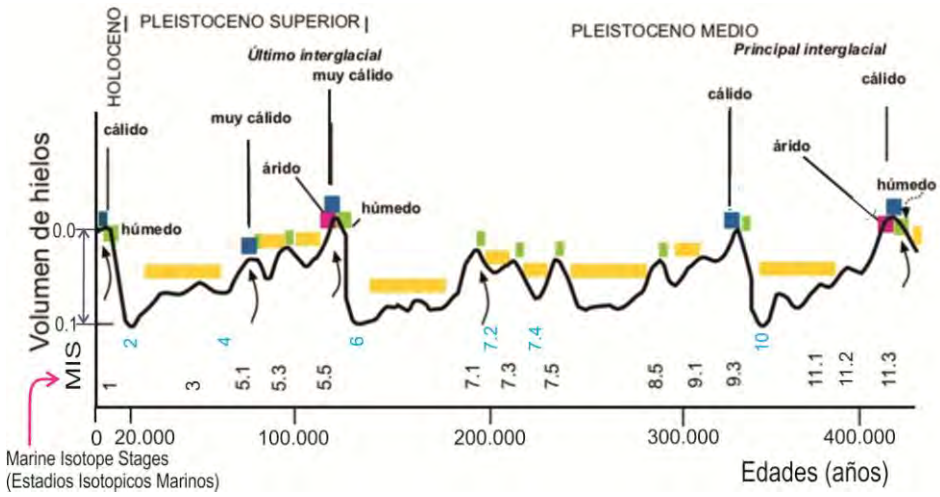
Los testigos (o núcleos) de hielo registran principalmente las temperaturas y composición del aire atmosférico y permiten deducir las variaciones en el volumen de los hielos. A partir de estos registros, los últimos 740.000 años se han podido dividir en periodos glaciales e interglaciales, que se fueron alternando, según una sucesión temporal de números pares e impares (Fig. 5). Son los estadios isotópicos marinos, llamados MIS en la jerga de los paleoclimatólogos (MIS: Marine Isotope Stages) y que marcan la pauta básica de las curvas paleoclimáticas. Así, los fríos periodos glaciales son estadios isotópicos (o MIS) pares; y los cálidos periodos interglaciales son estadios isotópicos (o MIS) impares[2]. En Canarias también se han utilizado curvas de este tipo para reconstruir la historia geológica del clima. Y, de esta forma, los testimonios geológicos con significado climático han quedado bien ordenados en el tiempo (Fig. 5).

Otra fuente de información muy valiosa son los testigos de sedimentos marinos, obtenidos de perforaciones profundas en los proyectos ODP (ODP: *Ocean Drilling Program*) y que han permitido reconstruir las variaciones de temperatura del agua marina superficial (SST-*Surface Sea Temperature*- en sus siglas inglesas) durante los últimos 4,5 millones de años.

Hitos paleoclimáticos en Canarias

Las rocas basálticas más antiguas de Canarias se encuentran en Fuerteventura, con 23 millones de años, que coinciden con el inicio del Mioceno. Desde esa época, y hasta el presente, sólo disponemos de unas cuantas “ventanas temporales” que nos permiten ver como fue el clima de las islas. De más antiguo a más reciente, existen depósitos sedimentarios con fósiles marinos de cinco periodos o épocas geológicas, que consideramos hitos paleoclimáticos (Tabla 1).

El **hito 1** se encuentra en el tránsito Mioceno-Plioceno, entre los 4,2 y 5,8 millones de años. En los depósitos sedimentarios fosilíferos de esa época existe una terna principal de fósiles marinos:



Testimonios geológicos de la historia del clima en Canarias[3] desde el Pleistoceno Medio al Holoceno, representados sobre la curva paleoclimática del volumen relativo de hielos[2]. Depósitos marinos (cuadrados azules), paleosuelos (círculos negros) y dunas (rectángulos amarillos). (Figura. 5)

Los cinco hitos paleoclimáticos principales registrados en Canarias

Hitos	Periodos o épocas geológicas		Edades (*)	Islas (**)	Clima tipo	Observaciones	Artículos de referencia
1	Mio-Plioceno		4,2 a 5,8 Ma	GC, FV	Tropical	Tránsito Mio-Plioceno	Meco et al. (2015) [1]
2	Cuaternario	Gelasiense	1,8 a 2,6 Ma	GC	Subtropical seco	Piso 1º del Cuaternario	Meco et al. (2008) [4]
3		Pleistoceno medio	~400 ka	GC, LZ	Tropical muy cálido	Interglacial MIS11.3	Montesinos et al. (2014) [5]
4		Pleistoceno Superior	120-130 ka	GC, FV	Tropical muy cálido	Ultimo interglacial MIS5.5	Montesinos et al. (2014) [5]
5		Holoceno	0 a 11,7 ka	FV	Subtropical	Interglacial actual MIS1	Meco et al. (2018) [6]

(*) Intervalo de edades de los depósitos fosilíferos marinos. Ma: Millones de años; ka: miles de años.
(**) Principales islas donde se encuentran los depósitos. GC: Gran Canaria, FV: Fuerteventura, LZ: Lanzarote.

Tabla 1

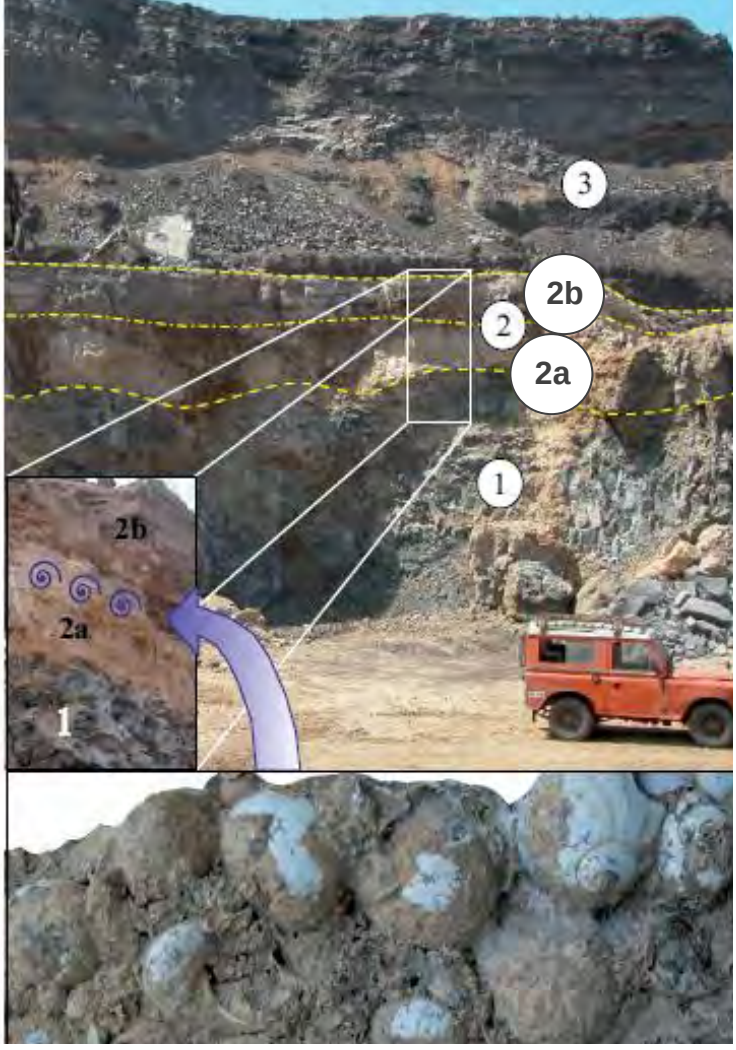
Gryphaea virleti, Nerita emiliana y *Persististrombus coronatus*; y además se ha definido una terna de confirmación, compuesta de: *Rothpletzia rudista*, *Anadara glandiformis* y *Siderastrea miocenica*. Los fósiles indican un clima muy cálido y húmedo, tipo tropical. El **hito 2** permite definir el Gelasiense en Canarias, establecido entre los 1,8 Ma y 2,6 Ma, que es el primer piso cronoestratigráfico del Cuaternario. Los abundantes fósiles marinos (70 especies) indican un clima cálido y seco, similar al tipo subtropical-seco actual de Canarias. Sin embargo, el **hito 3** se caracteriza por la presencia de fauna marina cálida en Canarias hace unos 400.000 años, en el estadio isotópico MIS11.3. Las especies características son *Saccostrea cucullata* y *Purpurellus gambiensis*. Fue un periodo interglacial cálido, con temperaturas similares a las del actual Golfo de Guinea, y con una SST media 4,2 ºC por encima de las SST actuales de Canarias.

El **hito 4** incorpora fauna marina senegalesa a Canarias y corresponde al denominado último interglacial (MIS 5.5), hace 120.000 a 130.000 años. Las especies indicadoras son: *Harpa doris*, *Persististrombus latus* y *Siderastrea radians*. Ese estadio fue muy cálido, con una SST media de 3,3 ºC por encima de la actual. Finalmente, el **hito 5** corresponde al interglacial actual (MIS1) u Holoceno. Básicamente, el Holoceno se inicia a continuación del último periodo glacial, que termina hace 11.700 años. Sus regiones climáticas y fósiles IP son similares a los actuales.

Posibles escenarios futuros

Hay dos cuestiones importantes que se pueden plantear. La primera: ¿cómo encajan los hitos paleoclimáticos de Canarias en el análisis global del clima actual? Y, la segunda: ya que el Holoceno es el periodo geológico más reciente ¿qué respuesta han tenido los cambios climáticos durante el Holoceno?

Se ha comprobado que las variaciones climáticas naturales de los últimos 5.000 años han sido recurrentes[7] y han dependido principalmente de fluctuaciones orbitales en la Tierra, regidas por los ciclos de Milankovitch. Y aunque toda proyección al futuro de situaciones climáticas pasadas conlleva cierto riesgo, se ha comprobado que las etapas paleoclimáticas más marcadas se han ido repitiendo a lo largo del registro conocido, en la forma de periodos interglaciales y



Capa sedimentaria fosilífera en La Esfinge, Gran Canaria[1]. Contiene numerosos ejemplares de *Janthina typica*, una especie extinta de gasterópodo (o caracol) marino. El nivel fosilífero marino (2a) está bajo un nivel de arenas eólicas (2b) y este conjunto aparece atrapado entre lavas submarinas (1) de hace 4,2 millones de años y lavas del Cuaternario (3). (Figura. 4)

periodos glaciales. De hecho, en estudios recientes se han identificado hasta once periodos interglaciales a lo largo de los últimos 800.000 años de la historia del clima terrestre, alternados con sus correspondientes periodos glaciales.

Compilaciones recientes de datos paleoclimáticos indican que los estadios isotópicos marinos MIS5.5 (último interglacial, hace unos 125.000 años) y MIS11.3 (hace unos 400.000 años) fueron muy cálidos a nivel global. Y aunque las curvas climáticas del Holoceno vistas en detalle muestran muchas fluctuaciones, como si se tratase de las gráficas del mercado bursátil, 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 durante 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" u época oscura previa al Medioevo y la "Little Ice Age" o Pequeña Edad de Hielo[7].

De las capas sedimentarias se deduce que el nivel del Atlántico ha subido en épocas históricas en dos ocasiones. La primera subida del nivel del mar (+2,5 metros) fue poco después de la construcción de las pirámides de Giza (c. 2.200 antes de Cristo) durante el Imperio faraónico, y la segunda subida (+2,0 metros) fue tras la caída del Imperio Romano (siglo VII). Y, por tanto, contamos con información arqueológica que viene a sumarse a la paleoclimática, a la hora de reconstruir las condiciones climáticas de aquellas épocas.

Y respecto a los cambios del nivel medio del mar (NMM), en Canarias han quedado registradas 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[6]. 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.

La importancia de estos datos radica en que son ya épocas históricas, pues el Imperio egipcio comienza hace 5.100 años, y de esas épocas existe además información arqueológica (pinturas, escritos, esculturas y restos funerarios) que viene a sumarse a la paleoclimática, lo que facilita el conocimiento del clima de aquellas épocas.

Ahora bien, cuando el nivel del mar alcanzó estas alturas las temperaturas superficiales del mar fueron, respectivamente, 0,5 y 1,5 ^{o}C más frías que las actuales y la fauna fósil del Holoceno en Canarias confirma estas condiciones frías. No obstante, las temperaturas del Atlántico registradas en Canarias en la actualidad ya alcanzan el rango que tuvieron en el óptimo climático Holoceno, hace unos 6.000 años[6]. Todo ello parece indicar un desfase de 1.500-2.000 años entre los episodios de subida de temperaturas y los de ascenso del nivel del mar. En este sentido, debe tenerse en cuenta que la variación del nivel del mar es un indicador del cambio climático, pero principalmente es una manifestación de él.

En conclusión, es razonable pensar que entre las fechas históricas y el futuro también puedan existir desfases temporales importantes (de más de mil años) entre el ascenso de las temperaturas del océano atlántico y la subida posterior del nivel medio del mar. Esta hipótesis científica debería tenerse en cuenta a la hora de plantear escenarios climáticos futuros.

Bibliografía

(1) Meco, J., Koppers, A. A., Miggins, D. P., Lomoschitz, A. & Betancort, J. F. 2015. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, *435*:53-69.

(2) Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J. M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E. & Delmotte, M. 1999. *Nature,* 399:429-436.

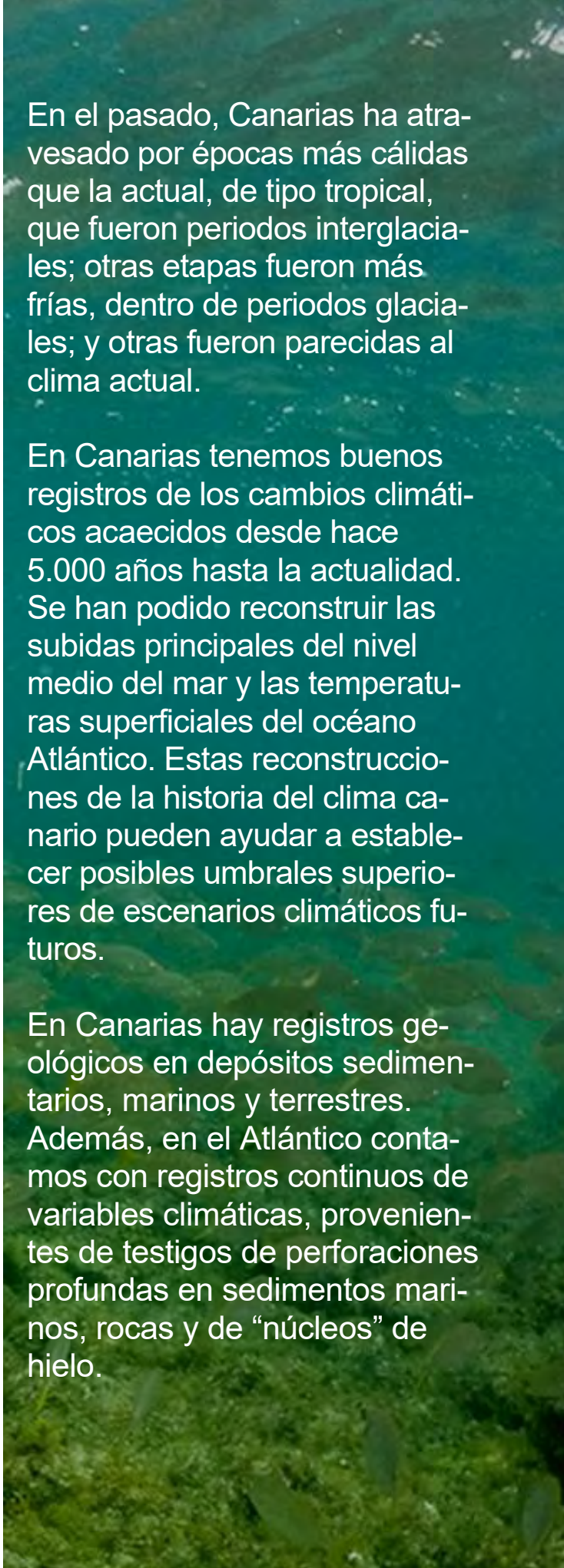
(3) Meco, J., Muhs, D. R., Fontugne, M., Ramos, A. J., Lomoschitz, A. & Patterson, D. 2011. *Lethaia, 44*(4):440-454.

(4) Meco, J., Ballester, J., Betancort, J.F., Cilleros, A., Scaillet, S., Guillou, H., Carracedo, J.C., Lomoschitz, A., Petit-Maire, N., Ramos, A.J.G., Perera, N. & Meco, J.M. 2008. *Historia geológica del clima en Canarias*. Ministerio de Medioambiente y Universidad de Gran Canaria (eds), 296 pp.

(5) Montesinos, M., Ramos, A. J., Lomoschitz, A., Coca, J., Redondo, A., Betancort, J. F., Meco, J. 2014. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 410:153-163.

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

(7) Humlum, O., Solheim, J. E., & Stordahl, K. 2011. *Glob. Planet. Change*, *79*(1-2):145-156.



En el pasado, Canarias ha atravesado por épocas más cálidas que la actual, de tipo tropical, que fueron periodos interglaciales; otras etapas fueron más frías, dentro de periodos glaciales; y otras fueron parecidas al clima actual.

En Canarias tenemos buenos registros de los cambios climáticos acaecidos desde hace 5.000 años hasta la actualidad. Se han podido reconstruir las subidas principales del nivel medio del mar y las temperaturas superficiales del océano Atlántico. Estas reconstrucciones de la historia del clima canario pueden ayudar a establecer posibles umbrales superiores de escenarios climáticos futuros.

En Canarias hay registros geológicos en depósitos sedimentarios, marinos y terrestres. Además, en el Atlántico contamos con registros continuos de variables climáticas, provenientes de testigos de perforaciones profundas en sedimentos marinos, rocas y de “núcleos” de hielo.

OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos Nº 9 julio-diciembre 2019

ISSN: 2444-4758

P.V.P 9,10 €

Rumbo al sur,
en busca de témpanos de hielo

Escenarios paleoclimáticos de las Islas Canarias

Un ejemplo de episodio tóxico que afecta a la salud humana, la ciguatera

Biomarcadores para evaluar el estado de salud de las comunidades biológicas

La perspectiva paleontológica en el cambio climático

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) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)
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 Aridane González González y Juan Fco. Betancort Lozano
Monstruos Marinos Dr. José J. Castro y Dr. Luis Felipe López Jurado (Inst. Univ. EcoAqua. Univ. de Las Palmas de GC)
Fotografía Dr. Aketza Herrero Barrencua y Dr. Yeray Pérez González (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
ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

04 Un nuevo enfoque sobre el cambio climático. Escenarios paleoclimáticos de las Islas Canarias.
Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa

10 Ciguatera. El cambio climático y sus consecuencias. Un ejemplo de episodio tóxico que afecta a la salud humana
Fernando Real, Natalia García-Álvarez, Julián A. Sánchez-Henao, Freddy Silva-Segent, María J. Ramos-Sosa, Daniel Padilla y Antonio Fernández

16 Biomarcadores para evaluar el estado de salud de las comunidades biológicas (ÍNDICE CEA).
Ico Martínez, Alicia Herrera, Theodore T. Packard y May Gómez

20 'CanBIO' un proyecto líder para analizar los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad marina.
Javier Almunia Portolés

24 Rumbo al sur, en busca de témpanos de hielo.
Jan-Lukas Menzel Barraqueta

32 Toda Crisis Alberga un Océano de Oportunidades: ¡Ponemos Rumbo a la SOStenibilidad!
Mireya del Pilar Arcos Pulido

37 UN MAR PARA COMÉRSELO. Pejepeine flambeado con tierra de almendras especiadas y algas.
Abraham Ortega García

38 Cambio climático. La perspectiva paleontológica.
Juan Francisco Betancort Lozano

44 Estudios malacológicos. Janthinas, pequeños navegantes azules.
Juan Francisco Betancort Lozano

46 Cyclothone spp., los pequeños peces luciérnaga. Una porción importante de los peces no migradores de zonas profundas del océano enormemente desconocida.
Airam N. Sarmiento Lezcano

50 Isótopos estables. Una fuente microscópica de información.
Raibel Núñez González

56 Macroalgas como indicadoras por contaminación por bacterias fecales en el intermareal rocoso. El caso de El Confital.
Leopoldo O' Shanahan Roca, Juana Rosa Betancort Rodríguez, Roberto Santana Rodríguez

62 OKEANOS DE FOTOS. Mike Bartick

74 La pesca submarina e impacto sobre los recursos pesqueros en Canarias.
Aarón Santana-Ojeda, David Jiménez-Alvarado, Airam Guerra-Marrero y José J. Castro

78 OKEANOS DE FOTOS. Sacha Lobenstein

96 Monitorización acústica del comportamiento del angelote en Canarias.
Diego Gamo Campos, David Jiménez Alvarado, Jorge Cabrera Gámez, Antonio C. Domínguez Brito, Airam Guerra Marrero, Ángelo Santana del Pino y José J. Castro

100 ENTREVISTA A: David González Santana.

104 ENTREVISTA A: Nora Perera Betancort.

108 EFEMÉRIDES. Día mundial de las especies extintas. Airam Sarmiento Lezcano

110 NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro

114 MONSTRUOS MARINOS (8). Cuerpos de fuego (pirosomas). José Juan Castro

116 SAO. Foro océanos. Canarias y el Cambio Climático.
Aridane G. González, Airam Guerra-Marrero, David Jiménez-Alvarado y José Juan Castro Hernández

122 RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Caninfo Comunicaciones
SOCIEDAD ATLÁNTICA De Oceanógrafos
MERCURIO EDITORIAL

View publication stats