

REGISTRO DE LOS CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR DURANTE EL CUATERNARIO EN LAS ISLAS CANARIAS OCCIDENTALES (TENERIFE Y LA PALMA)

C. Zazo*, J. L. Goy**, C. Hillaire-Marcel***, J. A. González Delgado**, V. Soler****, B. Ghaleb*** y C. J. Dabrio*****

RESUMEN

Depósitos y superficies de erosión asociados a los períodos interglaciares o interstadales cuaternarios, han sido analizados utilizando cartografías geomorfológicas, datos sedimentológicos y paleontológicos. Medidas isotópicas (^{14}C y Th/U) y datos de racemización de aminoácidos, a partir de las conchas de los moluscos, han sido utilizados con fines cronológicos. La secuencia marina más completa se desarrolla en la isla de Tenerife, y consiste en cinco terrazas marinas localizadas entre los 0 y 18 m (por encima del nivel medio del mar); en esta misma isla los depósitos del Último Interglacial (OIS 5e) incluyen *Strombus bubonius* y fauna «senegalesa». Los datos sobre la isla de La Palma son preliminares, aunque dos niveles marinos diferentes pueden ser claramente diferenciados entre las cotas de 0 y 4 m en la costa noreste de la isla; el más reciente Holoceno y el más antiguo probablemente desarrollado durante el Último Interglacial. Los valores medios de movimientos verticales de los litorales de ambas islas para los últimos 135.000 años, sugieren una ligera tendencia al hundimiento en la isla de Tenerife y un ligero levantamiento en la isla de La Palma.

Palabras clave: *Ultimo Interglacial, Presente Interglacial, altas paradas del nivel del mar, fauna «senegalesa», Strombus bubonius.*

ABSTRACT

Deposits and erosional marine features representing Quaternary interglacials interstadials have been analyzed based on geological mapping, sedimentological and paleontological studies. Isotopic measurements and aminoacid racemization dating have been used for chronological purpose. The most complete marine sequence consists of five marine terraces at elevation between 0 m and 18 m above mean sea level (asl) in Tenerife, where deposits of the Last Interglacial (OIS 5e) include *Strombus bubonius* and «Senegalese» fauna. For La Palma only preliminary results are presented, but two clear marine levels can be distinguished in the Northeast coast at elevation between 0 m and 4 m asl; the most recent is Holocene, and the oldest, probably, developed during the Last Interglacial. The rate of vertical movements for the last ~135,000 years has been calculated for both Islands, the values show a gently subsiding trend in Tenerife and a gently uplifting trend in La Palma.

Key words: *Last Interglacial, Present Interglacial, Highstand, Senegalese Fauna, Strombus bubonius.*

* Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). 28006 Madrid, España. mcnzc65@mncn.csic.es.

** Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca (España).

*** Université du Québec à Montréal. GEOTOP-UQAM. Montréal. Canadá H3C 3P8.

**** Estación Volcanológica de Canarias (CSIC). 38080 La Laguna. Tenerife, España.

***** Departamento de Estratigrafía, Facultad de Geología. UCM. 28040 Madrid, España.

Introducción

Las islas de Tenerife y La Palma forman parte del grupo de las Canarias occidentales. Dichas islas incluyen los mayores relieves de todo el archipiélago alcanzando cotas de 3.718 m en Tenerife (Pico Teide) y de 2.426 m en La Palma (Roque de los Muchachos, fig. 1). Ambas islas registran un volcanismo activo, encontrándose La Palma en un estado juvenil de crecimiento, mientras que Tenerife está probablemente en su «máximo» de construcción volcánica (Carracedo *et al.*, 2002). La edad más antigua del volcanismo subaéreo es de 11,6 Ma en Tenerife y de 1,7 Ma en La Palma, mientras que en Fuerteventura, Lanzarote y Gran Canaria dicha edad se remonta a 20,6 Ma, 15,5 Ma y 14,5 Ma, respectivamente.

Lo anteriormente expuesto justifica en gran medida que los estudios sobre terrazas marinas y los cambios del nivel del mar ocurridos a lo largo del Cuaternario se hayan centrado fundamentalmente en las Canarias orientales, donde existe una mayor posibilidad de encontrar secuencias cuaternarias de terrazas marinas levantadas. Las primeras referencias sobre estudios en la isla de Tenerife se deben a Zeuner (1958), el cual señaló la existencia de tres superficies de erosión marina a las que asignó una cronología cuaternaria basándose en datos altimétricos. Otros trabajos, fundamentalmente de tipo paleontológico, han sido llevados a cabo por García Talavera (1990) y García Talavera *et al.* (1978, 1989) en relación con los depósitos marinos situados entre los 0 y los 3 m. Descripciones morfológicas de algunas secuencias costeras fueron incluidas en el trabajo de Yanes (1988). Recientemente Zazo *et al.* (2003) publican los primeros datos cronológicos en base a dataciones isotópicas (series del Uranio) referentes a la secuencia de Igueste de San Andrés (fig. 1).

En la isla de La Palma, los datos relacionados con cambios del nivel del mar son aún más escasos, y tan sólo la cita de Meco *et al.* (1986) de un depósito asignado al Jandiense (Ultimo Interglacial), en la localidad de Arenas Blancas (fig. 1), y datos morfológicos de secuencias litorales (Yanes, 1988) aparecen recogidos en los textos previamente publicados.

El objetivo fundamental de este trabajo consiste en el análisis de los depósitos o formas marinas, y continentales asociados de los litorales de Tenerife, y de forma preliminar los correspondientes a la isla de La Palma, con el fin de contribuir a un mayor conocimiento de los cambios del nivel del mar y las tasas de movimientos verticales ocurridos a lo largo del Cuaternario en los litorales de las Canarias occidentales, estos últimos basados en los datos que aportan los depósitos correspondientes al Ultimo Interglacial.

Metodología

La separación entre las diferentes terrazas y depósitos marinos se ha llevado a cabo mediante la interpretación en foto aérea con escalas 1:5.000 y 1:32.000 y su posterior comprobación en campo. El análisis de facies ha sido utilizado fundamentalmente para distinguir las distintas partes de la playa, con el fin de determinar de la forma más precisa posible el límite entre el *backshore* (supramareal) y el *foreshore* (intermareal). Asimismo se han llevado a cabo análisis paleontológicos que, sin embargo, en el texto son citados de forma somera. Los datos altimétricos de los depósitos y formas marinas se refieren a su actual altura máxima en relación con el nivel del mar en marea alta (el nivel medio anual de la marea es en Canarias del orden de 1,3 m). La medida se realiza siempre en la parte interna de la terraza marina o de la rasa en su contacto con el paleoacantilado, o en la línea más cóncava cuando se trata de un socave. En el caso de no desarrollarse un paleoacantilado o socave, se ha utilizado la parte alta del *foreshore*; y en ningún caso la altura del cordón litoral.

La cronología de los depósitos ha sido establecida en base a datos de campo (secuencias estratigráficas de los depósitos marinos y continentales asociados), paleontológicos, medidas isotópicas (series del Uranio en Tenerife, por TIMS-*Thermal Ionization Mass Spectrometry*, y radiocarbono en La Palma), y racemización de aminoácidos en la isla de Tenerife. La cronología relativa de cada corte en particular viene señalada en las figuras mediante la utilización de las letras del alfabeto en minúsculas y de forma consecutiva, correspondiendo la letra «a» a los depósitos o formas más antiguas.

Dado que la fuerte cementación temprana de los depósitos, es una de las condiciones indispensables para la obtención de resultados cronológicos fiables mediante el uso de las series del Uranio sobre conchas de moluscos (Hillaire Marcel *et al.*, 1996, Zazo *et al.*, 2002). Dicha técnica, hasta el momento, tan sólo ha sido aplicada en el caso del afloramiento de Igueste de San Andrés (fig. 1) que, por otra parte, ha sido la única localidad en la que hemos encontrado *Strombus bubonius* (Zazo *et al.*, 2003).

Con el fin de obtener otros datos cronológicos, independientemente de los que se deducen de las relaciones estratigráficas entre los diferentes depósitos y formas tanto marinas como continentales, se ha utilizado la Racemización de aminoácidos sobre conchas de moluscos marinos y continentales en 10 localidades (fig. 1), con un total de 34 muestras, cada una de las cuales incluye a su vez más de una medida al haber utilizado diferentes géneros y especies dentro de una misma muestra. Los resultados indican que al igual que en las islas de Fuerteventura y Lanzarote (Zazo *et al.*, 2002) es el género *Patella*, independientemente de la especie, el que ofrece resultados más coherentes, mientras que los datos obtenidos a partir de los géneros *Thais* y *Ostrea* dan resultados contradictorios.

Las relaciones de epimerización A/I (Aloisoleucina/Isoleucina) presentan, para el género *Patella*, valores medios de: 0,00-0,05 en conchas actuales, 0,05-0,10 en conchas del Holoceno, 0,50-0,57 en conchas del Ultimo Interglacial, y ~0,85 y valores más altos en conchas de Interglaciares más antiguos.

Resultados

Tenerife

Testigos de antiguas posiciones del nivel del mar se observan en varios puntos a lo largo de la costa aunque con escaso desarrollo, los depósitos marinos en general no superaron el metro de potencia y su extensión lateral es muy discontinua; tratándose,

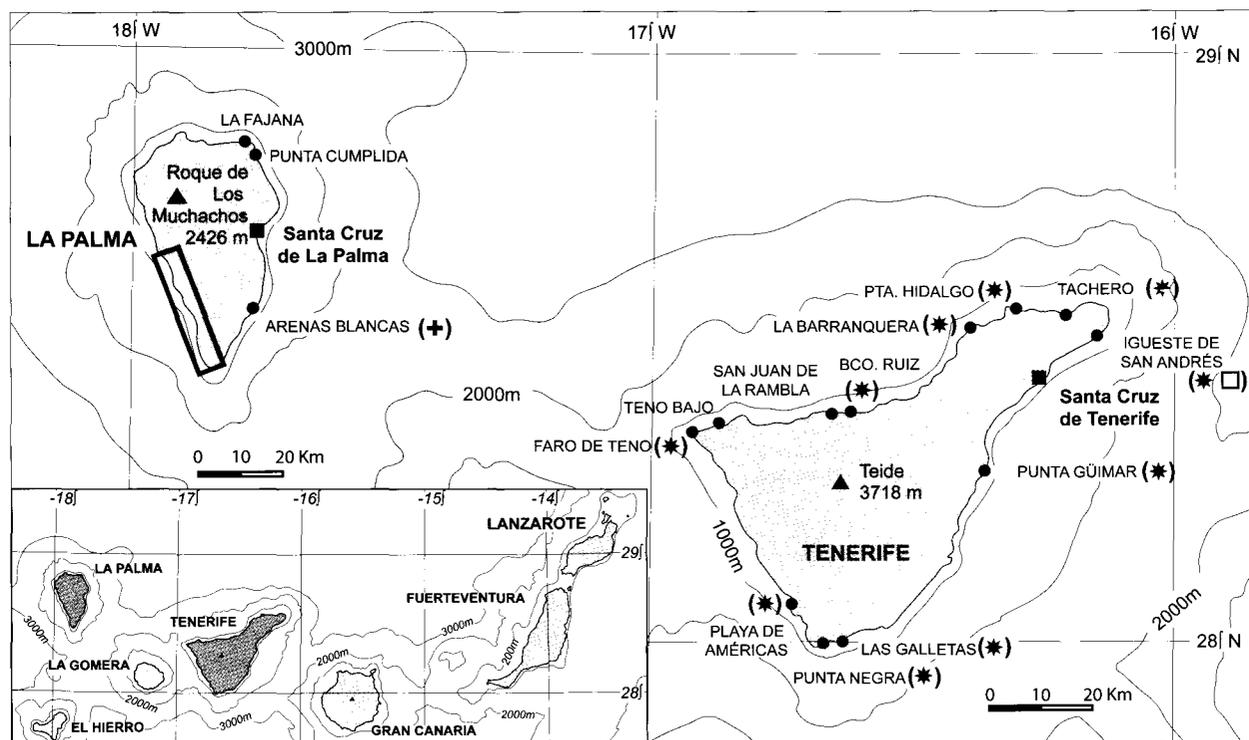


Fig. 1.—Situación geográfica de las islas de Tenerife y La Palma dentro de archipiélago canario. En las islas se han señalado las localidades en las que se registran las secuencias marinas más completas y en las que se han llevado a cabo muestreos específicos: (*) racemización de aminoácidos, (□) series del Uranio, (+) radiocarbono. En la isla de La Palma, y mediante un rectángulo, se ha señalado el área de los *beachrocks* estudiados por Calvet *et al.* (2000).

en la mayor parte de los casos, de afloramientos puntuales. La litología consiste en sedimentos arenosos y conglomeráticos, frecuentemente fosilíferos y en el caso más general asociados a la facies de *foreshore*.

Las secuencias de episodios marinos más completas se observan en la costa Norte de la isla donde, en general, en la misma sección pueden observarse más de un nivel de terraza.

Tachero

Este afloramiento ha sido estudiado por García Talavera *et al.* (1978) y García Talavera *et al.* (1989), que describen los depósitos y contenido faunístico de una paleoplaya situada entre 1 y 2 m sobre el nivel del mar. En su amplio listado paleontológico señalan la presencia de fauna cálida senegalesa acompañante del *S. bubonius*. La edad de la paleoplaya que en el primer trabajo fue considerada como de edad Flandriense, posteriormente fue asignada al Neotirreniense-Holoceno.

A lo largo de los Acantilados de Tachero se registran tres episodios marinos diferentes (fig. 2). El más antiguo situado a + 4 m está constituido por un conglomerado marino (a) parcialmente cementado conteniendo fragmentos de conchas y cubierto por coluviones (b). La desaparición brusca del depósito marino, hacia el Este y el Oeste, sugiere la existencia de un deslizamiento particularmente en su lado occidental (fig. 3.1). Encajado en la secuencia anterior, se observa otro depósito marino a + 1 m (c), constituido por arenas y conglomerados que hacia el mar pasan paulatinamente a niveles de acumulaciones de algas y verméticos que en algunos puntos se presentan como parches recubriendo el sustrato volcánico (fig. 3.2). El corte al que se refiere García Talavera *et al.* (1978) debe corresponder al situado en la parte más occidental de la playa (fig. 3.3) según se deduce de su descripción. Un coluvión (d) suprayace al nivel marino (c). Restos de un conglomerado marino cementado (e), situado a cero metros constituyen los testigos del episodio marino más reciente.

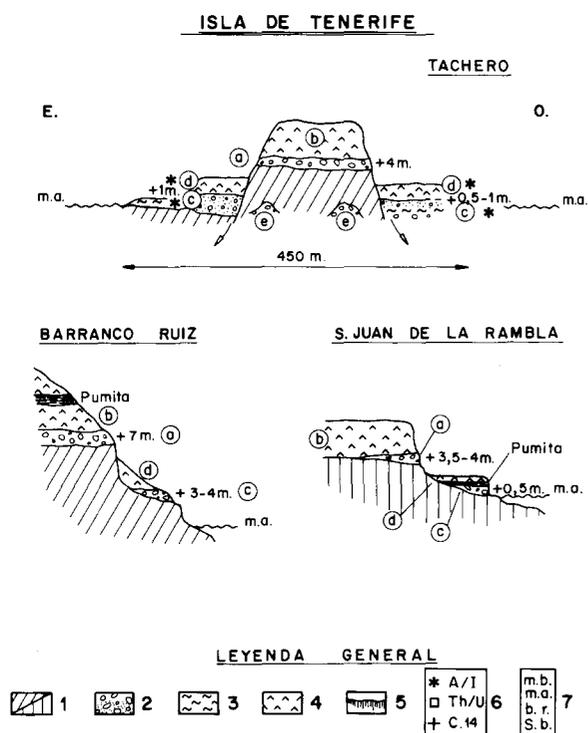


Fig. 2.—Terrazas marinas cuaternarias y depósitos continentales asociados en diferentes localidades de la isla de Tenerife. Leyenda general: 1. Sustrato volcánico: Series Antiguas/Series Recientes; 2. Conglomerados y arenas marinas; 3. Nivel de acumulación de algas y verméticos; 4. Coluvión y Abanico aluvial; 5. Paleosuelo; 6. Métodos de datación utilizados: A/I (racemización de aminoácidos); Th/U (series del Uranio); ^{14}C (radiocarbono); m.b. marea baja; m.a. marea alta; b.r. beachrock; S.b. *Strombus bubonius*.

Las relaciones A/I obtenidas (0,49-0,55) sugieren una edad del Último Interglacial para la terraza marina situada a +1 m, nivel (c); asimismo, las relaciones A/I (0,51-0,55) obtenidas en las conchas de *Helix* que están incorporados en los coluviones (d) señalarían el desarrollo de los depósitos de gravedad al inicio del Würm. Por otra parte, los datos faunísticos obtenidos por nosotros (*Cantharus variegatus*) y especialmente los señalados por García Talavera *et al.* (1978) que describen la existencia de un 20% de especies «senegalesas» (García Talavera *et al.*, 1989) apoyan la asignación de la terraza marina (c) al OIS 5e.

San Juan de la Rambla y Barranco Ruiz

La secuencia que se observa en San Juan de la Rambla (fig. 2) es muy semejante a la observada en Tachero, aunque en este caso la terraza marina (a)

situada a + 3,5-4 m es recubierta por los depósitos de un abanico aluvial (b). Como en el caso anterior, dicha terraza es pobre en fauna, aunque abundan los fragmentos de *Glycymeris*. Encajada en la misma se desarrolla otro depósito marino (c) conglomerático cementado, situado a + 0,5 m y enrojecido en la parte superior en la zona de contacto con la pumita que lateralmente pasa en algunos puntos a depósitos de Rambla (d) que representan un nivel de terraza aluvial más reciente que el nivel (b).

En el Barranco de Ruiz (figs. 2 y 3.4), la secuencia de episodios marinos es la más completa en términos estratigráficos, ya que si bien la terraza marina más baja que afloraba en las localidades anteriores no se observa, probablemente debido a su posterior erosión, un nivel marino más antiguo situado a + 7 m (a) es claramente visible en la margen derecha del barranco, donde queda cubierto por depósitos de abanicos aluviales (b). Encajado en los depósitos marinos y continentales anteriormente descritos se desarrolla el nivel de + 3-4 m que consiste en un depósito conglomerático asociado a una superficie de erosión (rasa) que en algunos puntos se presenta directamente cubierta por depósitos de gravedad (d).

La Barranquera

Sobre los materiales volcánicos pertenecientes al Edificio Anaga (> 3,3 Ma, Carracedo *et al.*, 2002) se desarrolla una amplia rasa marina (fig. 4) que lleva asociado un depósito conglomerático (a) que tan sólo es observable en algunos puntos. La altura máxima de dicha terraza es de + 11 m y la fauna es escasa. Erosionando dicho nivel se observa un depósito coluvionar sobre el que se desarrolla un suelo rojo (b) que presenta un horizonte argílico poco desarrollado. Los materiales volcánicos pertenecientes a las Series Recientes, magnetozona de Brunhes de Carracedo (1979) o serie III de Fuster *et al.* (1968), fosilizan el paleosuelo.

Encajado en la secuencia anterior se observa un depósito marino muy cementado con clara influencia continental y matriz arcillosa rojiza. Debido a que se trata de un depósito de desembocadura (c), la fauna es escasa, siendo el género *Patella* el mejor representado. Un microconglomerado con matriz blancuzca (d) constituida por restos de algas y verméticos y con abundante fauna (*Patella gr lowei*, *Monodonta turbinata*, *Thais haemastoma*, *Columbella rustica*) se superpone en «solape» al depósito marino anterior.

Las relaciones A/I obtenidas en los niveles (c) y (d) presentan problemas debido al reciclaje de faunas, de tal forma que los valores de epimerización

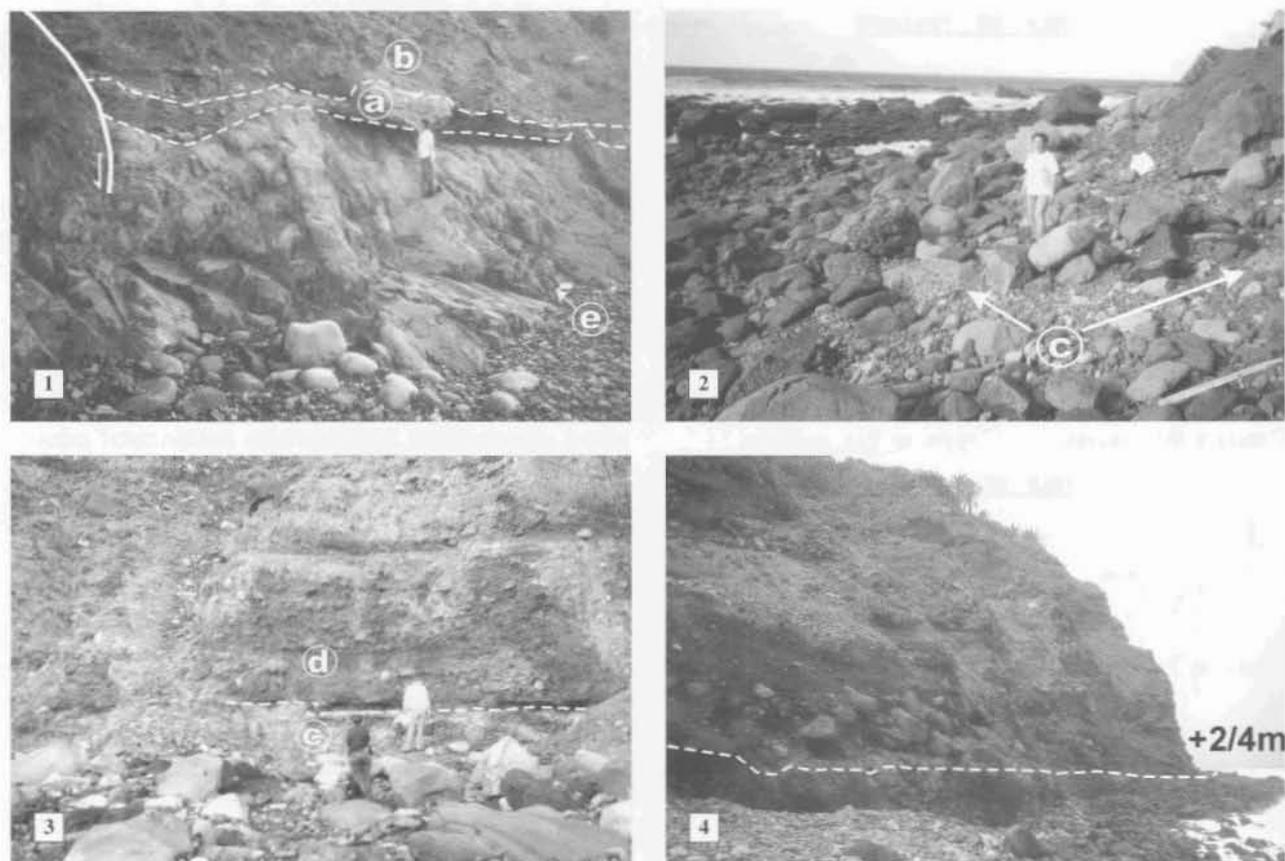


Fig. 3.—Detalle de las terrazas marinas del Último Interglacial (OIS 5e) y del episodio marino inmediatamente más antiguo, Tenerife. De izquierda a derecha y de arriba abajo: **1.** Terraza marina a + 4 m (a) sobre sustrato volcánico, cubierta por coluviones (b). Parches de un conglomerado cementado (e) corresponden a un depósito marino holoceno. A la izquierda de la foto se señala la probable cicatriz de deslizamiento. Tachero, Tenerife. **2.** Acumulación de algas y verméticos (c) relacionados con la terraza del Último Interglacial (OIS 5e). Tachero, Tenerife. **3.** Contacto entre la terraza marina (c) constituida por un conglomerado basal que hacia techo pasa a un nivel de acumulación de algas y arenas parcialmente cementadas, cubiertas por depósitos de coluviones (d). Tachero, Tenerife. **4.** Rasa a + 2-4 m, labrada sobre la roca volcánica, un depósito de grandes bloques subredondeados está asociado a la misma; potentes depósitos correspondientes a abanicos aluviales cubren el depósito marino. Barranco Ruiz, Tenerife.

obtenidos de 0,60 en el nivel (d), y de 1,010 en la terraza (c) ambos a partir del género *Patella*, serían contradictorios con la secuencia estratigráfica que se observa claramente en el afloramiento.

Teno Bajo

Sobre un sustrato volcánico correspondiente a materiales de la Serie III de Fuster *et al.* (1968) y a las Series Recientes, magnetozona Brunhes de Carracedo (1979), se desarrolla un sistema de rasas (fig. 4) entre los + 7 m y los + 18 m. Una rasa más baja, bien desarrollada, es afectada en marea alta por el oleaje actual en días de fuerte viento. Es probable que esta superficie marina se haya desarrollado durante un interglacial más antiguo que el Holo-

ceno y que actualmente esté siendo reocupada. La superficie de abrasión más antigua situada a +18 m es la única que presenta asociado un depósito marino conglomerático cementado, rico en *Glycymeris*.

En el Faro de Teno (fig. 1) un depósito marino cementado (potencia 0,70 m) constituido por un nivel basal conglomerático que hacia techo pasa a una arenisca enrojecida rica en *Patellas* (*P. candei*, *P. lowei*), es erosionado por un *beachrock* conglomerático que también presenta restos de *Patella*. La altura máxima de la secuencia marina es de + 0,5 m. Las relaciones de epimerización (A/I) llevados a cabo sobre el nivel de playa inferior y sobre el *beachrock* dan unos valores de entre 0,160 y 0,082 para el depósito más antiguo, y de 0,030 para el *beachrock*, lo que sugiere una edad Holoceno y Subactual-Holoceno, respectivamente, para estos dos depósitos marinos.

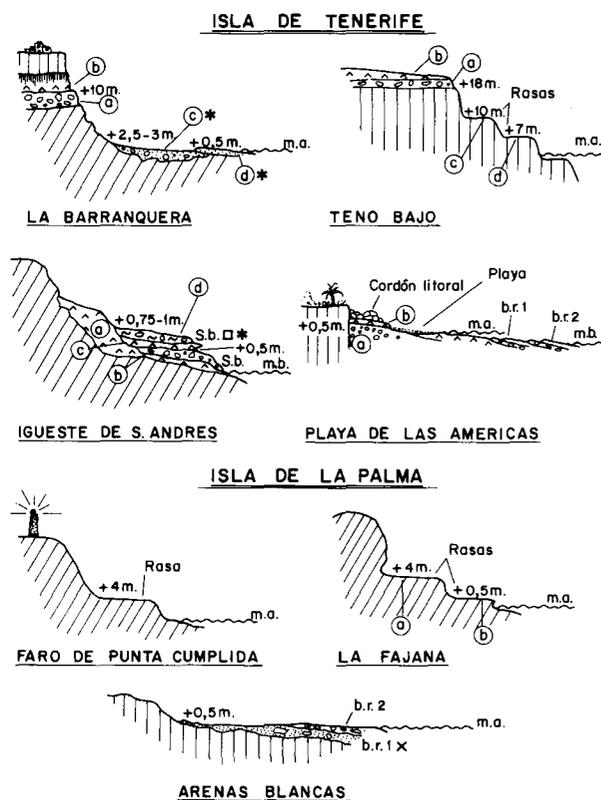


Fig. 4.—Terrazas marinas cuaternarias y depósitos continentales asociados en diferentes localidades de las islas de Tenerife y La Palma. Leyenda: véase «Leyenda general» en fig. 2.

Igueste de San Andrés

Se trata de la secuencia marina más interesante, desde el punto de vista cronológico y climático de toda la isla (fig. 1). Esta secuencia ha sido descrita por Zazo *et al.*, (2003) datando por primera vez un depósito marino cuaternario en la isla de Tenerife que, además de contener el fósil *S. bubonius*, se presenta incluido en unas facies típicas de playa depositadas bajo unas condiciones normales en lo que respecta a la dinámica marina, con lo que su altura actual puede ser utilizada para cuantificar los movimientos verticales al menos en el sector costero nororiental de la isla.

Próximo a este afloramiento, en la playa de las Teresitas, situada a unos 450 m al suroeste de Igueste, García-Talavera *et al.*, (1989, García-Talavera, 1990) cita por primera vez la presencia de *Strombus latus* Gmelin (= *S. bubonius* de Lamarck) en un depósito de temporales situado a + 2 m, al que atribuyen una edad Flandriense o Neotirreniense-Flandriense, señalando la presencia de dicha especie en las islas Canarias, no sólo durante el Último Inter-

glacial, sino también durante el Presente Interglacial Holoceno. El contenido faunístico y la altura del depósito llevaron a García-Talavera *et al.* (1989) a compararlo con los depósitos de Tachero.

Sobre un sustrato volcánico (fig. 4) correspondiente a las Series Antiguas I y II de Fuster *et al.* (1968) o al Edificio Anaga (> 3,3 Ma) de Carracedo *et al.* (2002), se desarrollan potentes coluviones (a) (fig. 5.1) en los que se encajan los depósitos marinos del afloramiento de Igueste. El depósito más antiguo (b) (fig. 5.2) consiste en un conglomerado de cantos volcánicos con restos de algas y corales y con escasos ejemplares de *S. bubonius* (fig. 5.3). El depósito representa una facies de foreshore de una playa progradante. Un depósito continental constituido por arcillas rojizas (c) ricas en *Helix* separa la antigua paleoplaya de otro nivel marino (d) constituido por un conglomerado fuertemente cementado que contiene *S. bubonius* (fig. 5.4), *P. candei* y *P. lowei*. La secuencia se completa con un depósito de coluvión (e) (fig. 5.1). Un socave, claramente marcado, se desarrolla a los + 0,5 m sobre la secuencia anteriormente descrita (figs. 4 y 5.1).

La edad Th-230 de $131,81 \pm 1,63\text{Ka}$ obtenida a partir de un *Strombus* del nivel (d), junto con los valores de A/I (valores medio - $0,55 \pm 0,5$) sugiere la asignación del depósito al OIS 5e.

Playa de las Américas

Sobre los materiales volcánicos de la Serie III de Fuster *et al.* (1968) o Series Recientes, magnetozona Bruhnes, de Carracedo (1979), se labra un pequeño paleoacantilado (~1 m, figs. 4 y 6.1) y cuyo pie no supera los 0,5 m. Adosado al mismo se observan los depósitos marinos de una paleoplaya (a) constituida por un depósito conglomerático parcialmente cementado, que contiene fauna cálida (*Conus* gr. *testudinarius*, *Thais haemastoma*, y numerosas *Patellas*). Un nivel rico en algas calcáreas se desarrolla a techo de la playa, que es cubierta por depósitos de escorrentía (b).

Hacia el mar sobre los depósitos continentales (b) se superponen mediante erosión los depósitos de *beachrock* (b.r.1 y b.r.2) que a su vez están separados por una superficie erosiva (fig. 6.2). Cada uno de los *beachrocks* consiste en una secuencia granodreciente que se inicia con un nivel basal de cantos redondeados y bloques de material volcánico, que hacia techo pasa a niveles más arenosos. Una cementación fuerte aunque superficial afecta a los dos *beachrocks*, en los que la presencia de fauna se caracteriza por la abundancia de *Patella*.

Las relaciones de epimerización (A/I) dan valores que permiten asignar una edad correspondiente al

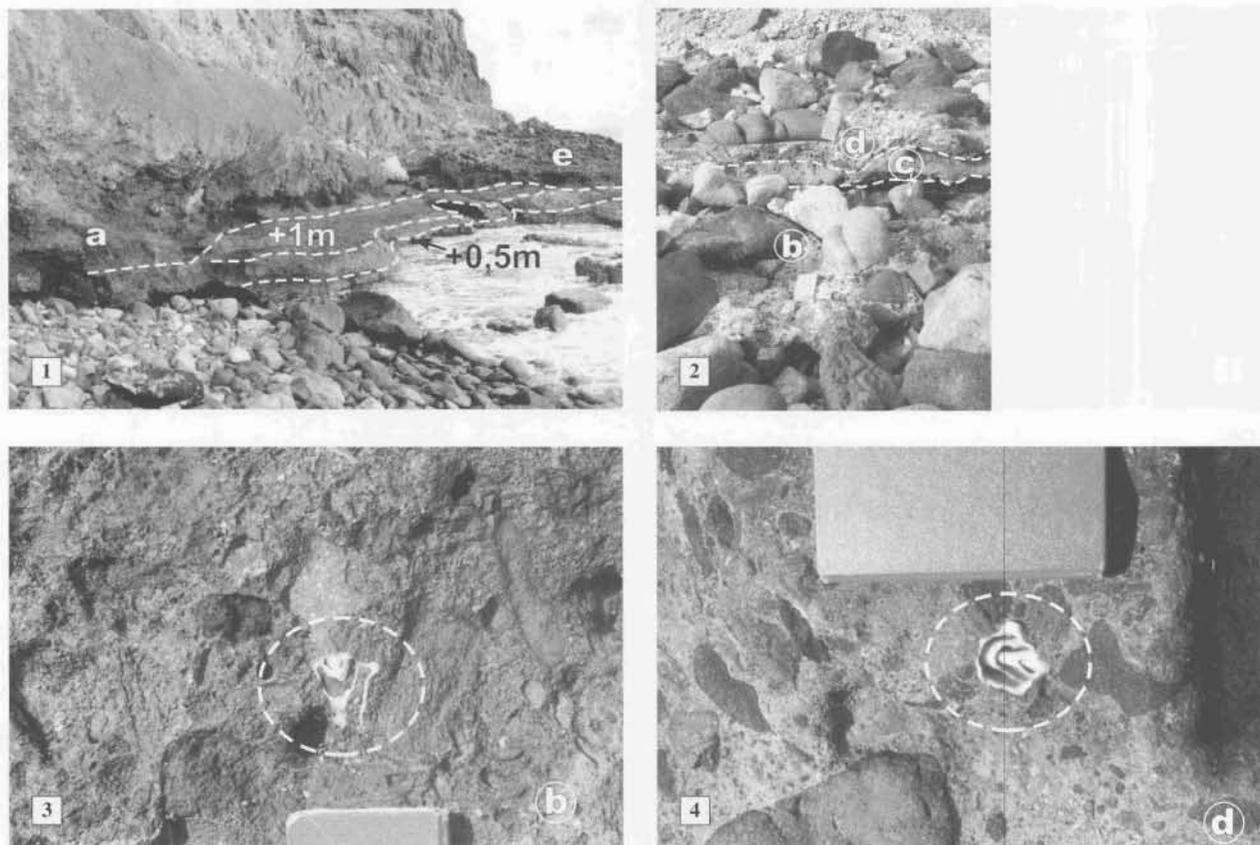


Fig. 5.—Detalle de los *highstands* que se desarrollan durante el OIS 5e y niveles erosivos en el mismo sector, Tenerife. De izquierda a derecha y de arriba abajo: 1. Rasas a + 0,5 m (Holoceno) y + 1 m (Ultimo Interglacial), labrados sobre sustrato volcánico, o depósito de coluvión (a), a su vez la rasa más antigua es cubierta parcialmente por un coluvión (e) más reciente. Igueste de San Andrés, Tenerife. 2. Secuencia que representa dos *highstands* dentro del Ultimo Interglacial (OIS 5e) los depósitos marinos (b) y (d) que contienen *S. bubonius* están separados por un depósito continental (c), limos rojos ricos en *Helix* que representen un descenso del nivel del mar. Igueste de San Andrés, Tenerife. 3. *S. bubonius* en el nivel (b). Igueste de San Andrés, Tenerife. 4. *S. bubonius* en el nivel (d). Igueste de San Andrés, Tenerife.

Ultimo Interglacial a la paleoplaya (a) y una edad Holocena a los *beachrocks*.

La Palma

Como ya señalábamos en la Introducción, las referencias a los depósitos marinos cuaternarios relacionados con los cambios del nivel del mar de tipo «global» son prácticamente inexistentes y en nuestro caso se trata en este trabajo de un análisis preliminar.

Punta Cumplida y La Fajana

Restos de antiguas posiciones del nivel del mar se observan claramente en la costa noreste bajo la forma de superficies de abrasión o Rasas (fig. 1), en

las que no se conservan los depósitos asociados. Claramente visibles y limitadas hacia tierra por paleoacantilados se desarrollan en las costas de Punta Cumplida y La Fajana (figs. 4, 6.3 y 6.4) con alturas de + 0,5 m y + 4 m. En ambos casos dichas superficies se labran sobre los materiales volcánicos pertenecientes al volcán de Taburiente (superior), magnetozona Brunhes (Carracedo *et al.*, 2002).

Playa de Arenas Blancas

En la playa de Arenas Blancas (fig. 1) se observa la superposición de dos *beachrocks*, br.1 y br.2 (figs. 4 y 6.5), sobre los materiales del volcán de Cumbre Vieja pertenecientes al volcanismo del Pleistoceno superior (Carracedo *et al.*, 2002). Una datación llevada a cabo sobre dichos materiales, en

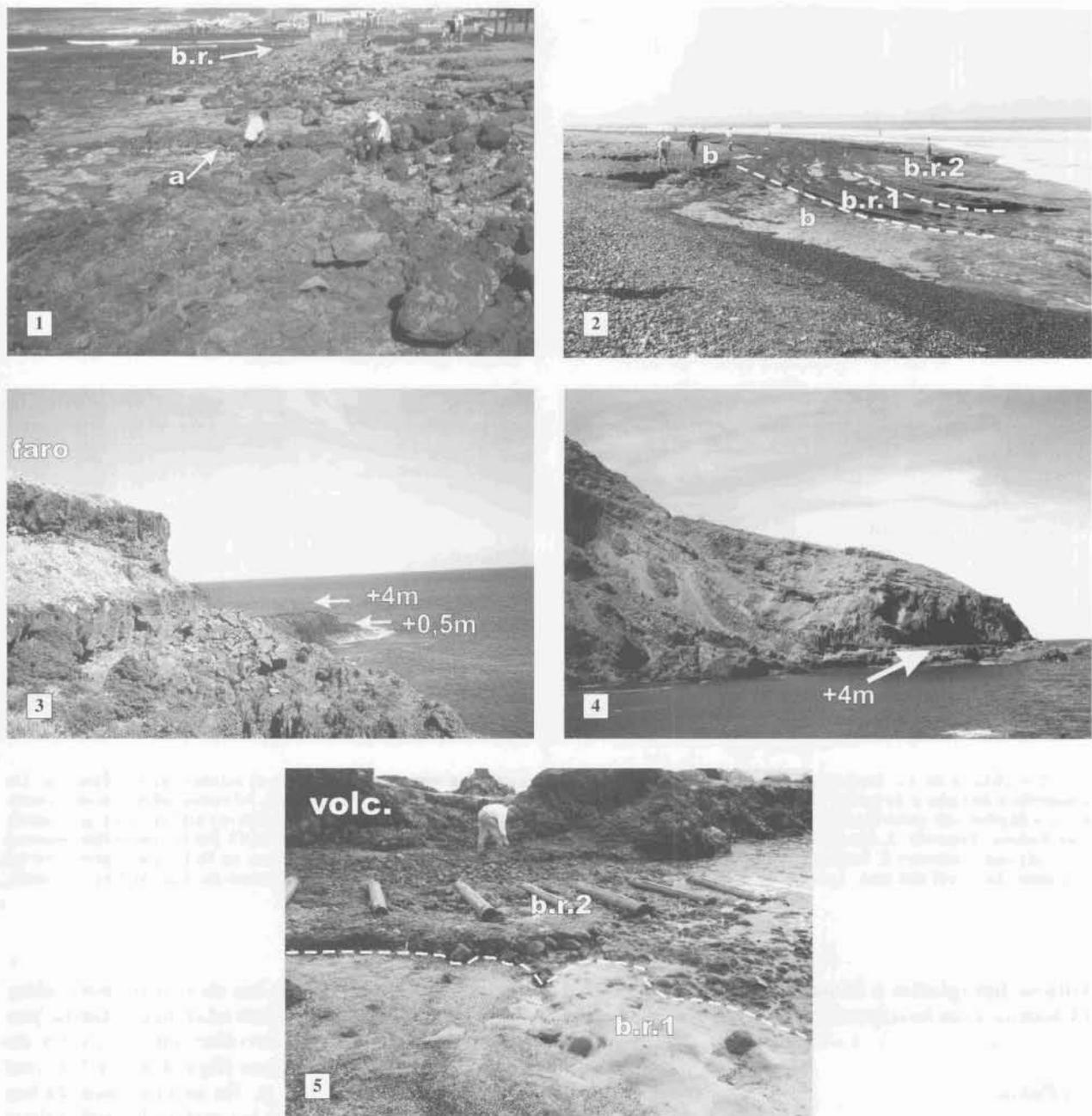


Fig. 6.—Detalle de los episodios marinos del Ultimo Interglacial y Presente Interglacial, en las islas de Tenerife y La Palma. De izquierda a derecha y de arriba abajo: **1.** Depósito marino (a) del Ultimo Interglacial situado a +0,5 m, sobre las rocas volcánicas de las Series Recientes. Al fondo se observan los *beachrocks* (b.r.). Playa de las Américas, Tenerife. **2.** Contacto entre los depósitos de escorrentía (b) y los *beachrocks* holocenos (b.r.1, b.r.2), separados por una superficie erosiva. Playa de las Américas, Tenerife. **3.** Rasas marina a +0,5 m (Holoceno) y +4 m (Ultimo Interglacial?). Faro de Punta Cumplida, La Palma. **4.** Rasas marinas a +0,5 m (Holoceno) y +4 m (Ultimo Interglacial?). Punta Fajana, La Palma. **5.** Contacto entre dos *beachrocks* holocenos. El inferior (b.r.1) constituido por areniscas amarillas claras con algún bloque, que hacia tierra se hace más conglomerático. El *beachrock* más reciente (b.r.2) es mucho más detrítico. Playa de Arenas Blancas, La Palma.

una zona próxima ha dado una edad ^{14}C de 21 ± 2 Ka (Carracedo *et al.*, 2002).

El *beachrock* inferior (br.1) consiste en una arenisca amarillenta, clara, bioclastica, que engloba cantos de material volcánico, y numerosos ejemplares de *Patella* y algas calcáreas. Hacia techo y tierra pasa insensiblemente a unas arenas con granoselección negativa cementadas superficialmente. Mediante una superficie erosiva, se superpone el nivel más reciente de *beachrock* (br.2) que se caracteriza por tratarse de un depósito conglomerático muy cementado que incluye algunos bloques, y restos de cerámica y vidrio completamente cementados en la parte superior. La potencia de cada uno de los *beachrocks* no supera los 50 cm.

Esta localidad fue citada por Meco *et al.* (1986) para señalar la presencia del episodio Jandiense (Último Interglacial) en la isla de Tenerife. Dicha asignación se basaba en las facies de calcarenitas claras bioclasticas que, según los autores, eran características en otras islas del archipiélago de los depósitos asociados al *S. bubonius*.

Una datación por ^{14}C llevada a cabo sobre el *beachrock* inferior en las facies de calcarenitas bioclasticas, ha dado una edad ^{14}C de 2.600 ± 70 años BP (2.300 Cal.BP).

Un análisis detallado sobre las cementaciones de los *beachrocks* ha sido llevado a cabo por Calvet *et al.* (2000) en la costa suroccidental de la isla (fig. 1) en relación con las lavas del edificio volcánico de Cumbre Vieja. En este caso la descripción se refiere a un solo nivel de *beachrock* en cada una de las localidades citadas. El aspecto litológico de estos *beachrocks* se asemeja al br.2 de la playa de Arenas Blancas.

La edad de los *beachrocks* de la costa suroccidental (Calvet *et al.*, 2000) es deducida a partir de las edades de los materiales volcánicos con los que están relacionados, siendo en algunos casos más recientes que 20 Ka, mientras que en otros su edad se acota entre las lavas de las erupciones de 1.677 AD y 1.971 AD.

Discusión

Las terrazas marinas y los Interglaciares Cuaternarios

La asignación de una terraza o plataforma de erosión marina a un determinado interglacial resulta siempre problemática debido a que aún existen numerosas discrepancias entre la curva cronológica de SPECMAP, que es la curva tipo de los océanos deducida a partir de los valores $\Delta^{18}\text{O}\text{‰}$

los caparazones de los foraminíferos en sondeos oceánicos, traducida indirectamente a cambios altimétricos en la columna de agua (Shackleton y Opdyke, 1973; Shackleton, 1987), y el registro obtenido a partir de los sondeos en hielo y en tierra. Dichas discrepancias están relacionadas fundamentalmente con la duración de los interglaciares, estabilidad o inestabilidad climática durante los mismos, y número de *highstands* (altas paradas del nivel del mar) dentro de un mismo interglacial. Estas diferencias existen incluso para el Último Interglacial, a pesar de ser el más conocido dentro de los Interglaciares Cuaternarios.

En cuanto a los datos cronológicos en las islas de Tenerife y La Palma, la secuencia más fiable es la de Igueste de San Andrés por registrar la presencia del *S. bubonius* y fauna senegalesa acompañante y por ser la única que hasta el momento cuenta no sólo con datación isotópica, sino también con resultados obtenidos a partir de la racemización de aminoácidos. La edad Th 230 de $131,81 \pm 1,63$ Ka es congruente con las obtenidas a partir de las numerosas dataciones llevadas a cabo en las Canarias orientales (Zazo *et al.*, 2002) y en otras costas del mundo (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996; Kindler *et al.*, 1997; Hearty y Kaufman, 2000) que señalan una duración de ca. 20 Ka (~ 135 - ~ 117 Ka) para el OIS 5e, así como inestabilidad climática dentro del mismo. Dicha inestabilidad climática se manifiesta en la existencia de dos *highstands* dentro del OIS 5e, representados en Igueste (Zazo *et al.*, 2003), por los depósitos marinos (b) y (d), separados por un lapso de tiempo que permite la sedimentación de materiales continentales (c) durante una bajada del nivel del mar (fig. 4). Este mismo fenómeno se observa también en varias localidades de las Canarias orientales (Zazo *et al.*, 2002), así como en otras áreas costeras a nivel mundial (Stein *et al.*, 1993; Sherman *et al.*, 1993; Hillaire-Marcel *et al.*, 1996; Kindler *et al.*, 1997; Plaziat *et al.*, 1998; Hearty and Kaufman, 2000; Jedoui *et al.*, 2003; Zazo *et al.*, 2003).

Por otra parte, los datos de Racemización de aminoácidos dan unos valores medios de la relación A/I del orden de $0,55 \pm 0,5$, en las medidas llevadas a cabo sobre cuatro muestras en *S. bubonius* y dos muestras sobre *Patellas*, todas ellas sobre el nivel marino «d» (fig. 4). Valores similares (0,543) han sido deducidos en la costa de Marruecos por Occhietti *et al.*, (2002) para el Amino grupo 0 que representa las terrazas marinas asignadas al Ouljiense (Último Interglacial).

Restos de terrazas marinas asimilables al OIS 5e, en base al contenido faunístico, relaciones de epimerización A/I y relación estratigráfica con otros depó-

sitos marinos dentro de la misma secuencia, se registrarían en la playa de las Américas (nivel «a», fig. 4), San Juan de la Rambla (nivel «c», fig. 2), la Barranquera (nivel «d», fig. 4) y Punta Hidalgo (fig. 1).

La asignación de las terrazas y plataformas más antiguas a un determinado interglacial no resulta posible a partir de los datos de que disponemos actualmente. No obstante, sí podemos señalar que, al menos cuatro terrazas marinas representando cada una de ellas un interglacial o un interestadial, se desarrollan durante el Pleistoceno medio, tal como se deduce a partir de la secuencia de Teno Bajo, donde las formas y depósitos marinos se desarrollan sobre las Series Recientes (magnetozona Brunhes). En este caso, los niveles se sitúan a + 18 m, + 10 y + 7 m, con un nivel de rasa inferior, que probablemente se trata de un nivel más antiguo, probablemente el equivalente al nivel de + 4 m de otras localidades, reocupado actualmente por las olas durante las épocas de fuerte oleaje.

Los depósitos del Interglacial Holoceno consisten fundamentalmente en dos sistemas de *beachrocks*, que deben corresponder a oscilaciones relativas del nivel del mar posteriores al máximo de la transgresión Flandriense ca. 6.500 a.BP, siendo probablemente el más reciente subactual, al menos de lo que se deduce de los datos (A/I) de los depósitos del Faro de Teno y del *beachrock* inferior de la playa de las Américas.

En el caso de la isla de La Palma, los datos son muy escasos y, tan sólo en el área norte, la rasa de + 4 m podría representar el Ultimo Interglacial, mientras que las rasas situadas a + 0,5 m se deben corresponder con el *beachrock* más antiguo (br.1, fig. 4) de la playa de Arenas Blancas datada del Holoceno reciente.

Paleoniveles del mar y movimientos verticales

A la hora de cuantificar los movimientos verticales a los que una determinada costa ha estado sometida a lo largo del tiempo, lo primero que debemos conocer es la posición original del nivel del mar durante un interglacial determinado con relación al nivel actual, en general los análisis de este tipo se han llevado a cabo sobre las paleoplayas correspondientes al OIS 5e. Según los datos más recientes obtenidos en áreas consideradas estables, el nivel del mar durante el OIS 5e superó en 2 m el nivel actual (Murray-Wallace y Belpairo, 1991; Neumann y Hearty, 1996). Teniendo en cuenta esta altura y asumiendo un movimiento constante y de la misma tendencia (elevación/subsidencia), es posible calcular una tasa general de movimiento vertical para un determinado litoral.

En el caso de Tenerife, las terrazas marinas desarrolladas durante el pico del Ultimo Interglacial, OIS 5e, se sitúan actualmente a una altura ~1 m sobre el nivel del mar, lo que sugiere que las costas de Tenerife, en general, habrían sufrido un ligero hundimiento durante los últimos ~ 135 Ka del orden de 0,0074 mm/año, similar a los valores que se observan en otras islas de las Canarias orientales (Zazo *et al.*, 2002).

En el caso de la isla de La Palma, si asumimos que las rasas situadas a + 4 m corresponden al OIS 5e, la tendencia a una ligera elevación de la costa nororiental de la isla, sería del orden de 0,0148 mm/año.

Conclusiones

Se analizan, por primera vez, en las islas de Tenerife y La Palma las terrazas y formas marinas como indicadores de cambios del nivel del mar ocurridos durante el Cuaternario en base a: cartografías de detalle, análisis sedimentológicos de facies, contenido paleontológico, y con fines cronológicos, dataciones isotópicas (series del Uranio en Tenerife y radiocarbono en La Palma), así como racemización de aminoácidos.

En la isla de Tenerife, cinco niveles marinos que representan seis interglaciares o interestadiales se desarrollan durante el Pleistoceno medio y Holoceno. Estas terrazas se localizan a la altura actual de + 18 m, + 10 m, + 7 m, + 3-4 m, + 0.5-1 m, y + 0.05 m. Se trata, no obstante, de afloramientos puntuales con escasa continuidad lateral. Las facies consisten en depósitos de *foreshore* con potencias que, en general, no superan el metro. En algunos casos tan sólo la plataforma de erosión marina o rasa labrada sobre los materiales volcánicos es el testigo de la antigua posición del nivel del mar.

Los afloramientos más abundantes corresponden a las playas del Ultimo Interglacial, nivel de + 0,5-1 m, que en algunos casos contienen fauna cálida («senegalesa»), y *S. bubonius* en el caso particular de Igeste de San Andrés (Zazo *et al.*, 2003). En este afloramiento datado en ~ 130 Ka (edad Th 230) se observa la ocurrencia de dos *highstands* separados por un depósito continental que se desarrollarían durante el OIS 5e.

Durante el Presente Interglacial lo más común es el desarrollo de dos *beachrocks* que en la actualidad ocupan la zona intermareal. La separación entre ambos se lleva a cabo mediante una clara superficie erosiva.

Las relaciones de epimerización A/I (Aloisoleucina/Isoleucina) obtenidas a partir de las conchas de

moluscos señalan la mayor fiabilidad de los resultados cuando se usa en las mediciones el género *Patella* independientemente de la especie. Los valores medios A/I obtenidos en Tenerife son: 0,00-0,005 en conchas actuales; 0,05-0,10 en conchas del Holoceno; 0,50-0,57 en conchas del Último Interglacial y ~ 0,85 y valores más altos en conchas de los Interglaciares más antiguos.

En la isla de La Palma, el estudio está aún en fase preliminar, y tan sólo se han señalado la presencia de dos niveles marinos cuaternarios, en la costa noreste de la isla. El Presente Interglacial está representado por dos *beachrocks* (playa de Arenas Blancas), cuya edad ^{14}C es de 2.300 Cal.BP (*beachrock* más antiguo) o rasas a + 0,5 m observables en el faro de Punta Cumplida y la Fajana donde dicho nivel se presenta encajado en otra rasa más antigua situada a + 4 m, que hemos considerado como de edad probable Último Interglacial.

Las tasas de movimiento vertical obtenidas a partir de la actual posición altimétrica de las terrazas desarrolladas durante el OIS 5e, sugieren un ligera tendencia al hundimiento del orden de 0,0074 mm/a en los litorales de Tenerife, mientras que en La Palma para el mismo período de tiempo (Últimos 135 Ka) se registra una tendencia a la elevación, del orden de 0,0148 mm/año.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro muy querido amigo «Manolo» (M. Hoyos) que recorrió con nosotros las costas de Tenerife localizando los registros de antiguas posiciones del nivel del mar a lo largo del Cuaternario. Este trabajo ha sido subvencionado por los Proyectos: BTE-2000-1311 y BTE 2002-1065, BTE-2002-1691, UNESCO Chair for Global Change Studies (UQAM) and the Natural Science and Engineering Research Council of Canada (research grant award to CHM). Es una contribución al Proyecto n.º 437 del PICG.

Referencias

- Calvet, F., Aguilar, A., Carracedo, J. C., Pérez-Torrado, F. J., Recio, C. y Travé, A. (2000). «Beach rocks» de La Palma, Islas Canarias. *Geotemas*, 1: 213-217.
- Carracedo, J. C. (1979). *Paleomagnetismo e historia volcánica de Tenerife*. Aula de Cultura de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 82 págs.
- Carracedo, J. C., Pérez Torrado, J., Ancochea, E., Meco, J., Hernán, F., Cubas, C. R., Casillas, R., Rodríguez Badiola, E., y Ahijado, A. (2002). Cenozoic volcanism II: The Canary of Spain. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno, eds.). Geological Society of London, pp. 439-472.
- Fuster, J. M., Araña, V., Brandle, J. L., Navarro, J. M., Alonso, U., y Aparicio, A. (1968). *Geología y Volcanología de las Islas Canarias: Tenerife*. Inst. Lucas Mallada. CSIC, 218 págs.
- García Talavera, F. G. (1990). Sobre la presencia de *Strombus latus* Gmel. (Mollusca, Megagasteropoda) en el Cuaternario marino de Tenerife. Homenaje al Prof. Dr. Telesforo Bravo. *Secretariado de Publicaciones. Universidad de la Laguna*. Santa Cruz de Tenerife, I: 375-382.
- García Talavera, F. G., Kardas, S. J., Richards, Jr., y Richards, H. G. (1978). Quaternary marine Mollusks from Tenerife. Canary Islands. *The Nautilus*, 92: 97-102.
- García Talavera, F. G., Paredes, R., y Martín, M. (1989). *Catálogo-Inventario: yacimientos paleontológicos Provincia de Santa Cruz de Tenerife*. Instituto de Estudios Canarios. La Laguna-Tenerife, 76 págs.
- Hearty, P. J. y Kauffman, D. S. (2000). Whole-rock aminostratigraphy and Quaternary sea-level history of the Bahamas. *Quater. Res.*, 54, 163-173.
- Hillaire-Marcel, C., Garipey., Ghaleb, B., Goy, J. L., Zazo, C. y Cuerda, J. (1996). U-series measurements in Tyrrhenian deposits from Mallorca. Further evidence for two last interglacial high sea-levels in the Balearic Islands. *Quater. Sci. Rev.*, 15: 53-62.
- Jedoui, Y., Reyss, J. L., Kallel, N., Montacer, M., Ismail, H. B. y Davaud, E. (2003). U-series evidence for two high Last Interglacial sea levels in southeastern Tunisia. *Quater. Sci. Rev.*, 22: 343-351.
- Kindler, P., Davaud, E. y Strasser, A. (1997). Tyrrhenian coastal deposits from Sardinia (Italy): a petrographic record of high sea levels and shifting climate belts during the last interglacial (isotopic substage 5e). *Paleogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 133: 1-25.
- Meco, J., Pomel, E., Aguirre, E. y Stearns, Ch. E. (1986). Depósitos marinos del Cuaternario Reciente de Canarias. En: *El Cuaternario reciente de Canarias* (J. Meco y Petit-Maire, eds.), Dep. Prehistoria, Antropología y Paleoambiente. Univ. de La Laguna, Lab. Geologie du Quaternaire du CNRS. Las Palmas-Marseille, pp. 6-22.
- Murray-Wallace, C. y Belpeiro, A. P. (1991). The last interglacial shoreline in Australia—a review. *Quater. Sci. Rev.*, 10: 441-461.
- Neumann, A. C. y Hearty, P. J. (1996). Rapid sea-level at the close of the last Interglacial (Substage 5e) recorded in Bahamian Island. *Geology*, 24: 775-778.
- Occhiotti, S., Raynal, J. P., Pichete, P. y Lefèvre, D. (2002). Aminostratigraphie des formations littorales Pléistocènes et Holocènes de la région de Casablanca, Maroc. *Quaternaire*, 13. 55-64.
- Plaziat, J. C., Reyes, J. L., Choukri, A., Orszag-Sperber, F., Baltezer, F. y Purser, H. (1998). Mise en évidence, sur la côte récifale d'Égypte, d'une régression interrompant brièvement le plus haut niveau du Dernier Interglaciaire (5e): un nouvel indice de variations glacio-eustatiques à haute fréquence au Pléistocène. *Bull. Soc. Geol. France*, 169: 115-125.
- Shackleton, N. J. y Opdyke, N. D. (1973). Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperature and ice volumes on a 10^5 year and 10^6 year time scale. *Quater. Res.*, 3: 39-55.
- Shackleton, N. J. (1987). Oxygen isotopes, ice volumes and sea level. *Quater. Sci. Rev.*, 6: 183-190.
- Sherman, C. E., Glenn, C. R., Jones, A. T., Burnett, W. C. y Schwarcz, H. P. (1993). New evidence for two highstands of the sea during the last interglacial oxygen isotope substage 5e. *Geology*, 21: 1079-1093.

- Yanes, A. (1988). *Las costas de las Islas Canarias occidentales: paleoformas y formas actuales*. Resumen Tesis «Secretariado de Publicaciones. Universidad de la Laguna. Santa Cruz de Tenerife, 57 págs.
- Zazo, C., Goy, J. L., Hillaire-Marcel, C., Gillot, P. Y., Soler, V., González, J. A., Dabrio, C. J. y Ghaleb, B. (2002). Raised marine sequences of Lanzarote and Fuerteventura revisited —a reappraisal of relative sea-level changes and vertical movements in the eastern Canary Islands during Quaternary. *Quater. Sci. Rev.*, 21: 2019-2046.
- Zazo, C., Goy, J. L., Dabrio, C. J., Bardají, T., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., González-Delgado, J. A. y Soler, V. (2003). Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. *Mar. Geol.*, 194: 103-133.
- Zeuner, F. E. (1958). Líneas costeras del Pleistoceno en las Islas Canarias. *Anuario de Estudios Atlánticos*, 4: 9-16.

Recibido el 20 de marzo de 2003.

Aceptado el 20 de mayo de 2003.