

“Beachrocks” de La Palma, Islas Canarias

E. Calvet¹, A. Aguilar¹, J.C. Carracedo², F.J. Pérez-Torrado³, C. Recio⁴ y A. Travé¹

1 Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. 08071- Barcelona.

2 Estación Volcanológica de Canarias, CSIC. Avda. Astrofísico Francisco Sánchez, 3. 38080-La Laguna (Tenerife).

3 Departamento de Física-Geología, Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 35017 - Las Palmas de Gran Canaria.

4 Servicio General de Análisis de Isótopos Estables, Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. 37008 - Salamanca.

ABSTRACT

The “beachrocks” studied crop out in the southwestern part of the island of La Palma (Canary Islands), specifically in the Puerto Naos, Charco Verde, Las Zamoras, Chica and Echentive beaches. All these beaches are developed on the lavas of the Cumbre Vieja volcano, corresponding to different eruptions with ages from 20.000 to less than 30 years.

The beachrocks are up to 1.5 m in thickness, attain some tens of metres in width and consist of several decimetric-thick horizons, dipping 2-15° seaward. The beachrocks are rudstones and arenites, with volcanic clasts as main components. The porosity of the beachrocks is intergranular and locally intragranular, both partially occluded by cements, neomorphic texture and locally by internal sediment.

The beachrocks are cemented by different types of aragonite (fibrous, microfibrillar and botroidal) and HMC (micritic and peloidal) cements. The HMC micritic cement constitutes the first cementation phase. The aragonitic cements, with a very high content of strontium (with a mean of 10.000 ppm) and a high content of sodium (with a mean of 2.000 ppm), constitute the second phase of cementation. The peloidal cement is the third phase of cementation. The oxygen isotopic composition of the aragonite cement ranges from -4.2 to -2.4 ‰ PDB and the carbon isotopic composition of the fibrous aragonite cement varies from +4.0 to +4.9 ‰ PDB.

Key words: beachrocks, marine cements, Holocene, La Palma (Canary Islands).

INTRODUCCIÓN

Las arenas y los clastos de playa litificados mediante cementos carbonatados dan lugar a una roca que se denomina “beachrock” (Ginsburg, 1953). Las playas son un emplazamiento ideal para la precipitación de cementos marinos, ya que las condiciones de alta energía (debida a la acción del oleaje y de las mareas) y la presencia de un sedimento tamaño arena y/o rudita con una alta porosidad y permeabilidad original, aseguran volúmenes adecuados de agua sobresaturada capaz de circular a través del sedimento produciendo su cementación. En general, esta cementación ocurre en la zona intermareal (Neumeier, 1998), pero también puede ocurrir en la parte alta de la zona submareal (Alexandersson, 1972) y en la parte baja de la zona supramareal (Holail y Rashed, 1992). Los “beachrocks” se disponen generalmente paralelos, y a veces perpendiculares, a la línea de costa formando cuerpos continuos de hasta varias decenas de kilómetros, parches métricos discontinuos o nódulos decimétricos. En general, no exceden del metro de potencia, aunque se han citado depósitos de hasta 5 metros de potencia (Amieux *et al.*, 1989), y buzan suavemente (con un máximo de 15°) en dirección al mar siguiendo

do la disposición de la playa, desarrollándose en la parte alta del “shoreface”.

El interés del estudio de los “beachrocks” actuales o subactuales recae en su potencial como protectores eficaces contra la erosión litoral gracias a su morfología en horizontes inclinados hacia el mar y a su gran resistencia a la erosión. Además, como los “beachrocks” se originan en la zona intermareal, su localización permite determinar las variaciones del nivel del mar en el registro fósil.

Los principales objetivos de este trabajo son: i) Caracterizar desde un punto de vista geométrico, textural y petrográfico los “beachrocks” de la isla de La Palma (Islas Canarias); ii) Presentar las características microtexturales, mineralógicas y geoquímicas (geoquímica elemental e isótopos estables) de los distintos tipos de cementos y texturas neomórficas; iii) Interpretar el origen de los “beachrocks”.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA PALMA

La isla de La Palma está situada en el extremo occidental del Archipiélago Canario. En ella afloran tanto materiales de las fases de crecimiento submarino como subaéreo

(Fig. 1). La formación submarina, de edad Pliocena, ha sido levantada y basculada por las intrusiones magmáticas posteriores, por lo que las formaciones subaéreas, Cuaternarias, descansan sobre una discordancia angular y erosiva.

La construcción subaérea de La Palma se caracteriza por la formación de varios edificios volcánicos superpuestos y yuxtapuestos, con una tendencia general de migración del volcanismo en dirección Norte-Sur (Carracedo *et al.*, 1997). La etapa final de construcción de La Palma (los últimos 150.000 años) se caracteriza por la concentración de la actividad eruptiva en un rift de dirección N-S (el edificio Volcánico Cumbre Vieja), localizado en la mitad meridional de la isla (Fig. 1). La actividad eruptiva en el edificio Cumbre Vieja continúa en la actualidad, con al menos una docena de erupciones durante el Holoceno, de las cuales aproximadamente la mitad corresponden a los últimos 500 años (*periodo histórico*), siendo la del volcán Teneguía en 1971 la última erupción volcánica ocurrida en Canarias. Esta actividad se produce asimismo en el extremo submarino del rift, lo que permite suponer que tanto el rift como la isla seguirán creciendo en esta misma dirección.

DISPOSICIÓN DE LOS "BEACHROCKS" DE LA PALMA

Los "beachrocks" estudiados se localizan a lo largo de la costa suroccidental de la Palma, entre el pueblo de Punta Naos y el faro de Fuencaliente. Más concretamente, los "beachrocks" afloran en las playas de Punta Naos, Charco Verde, Las Zamoras, Chica y Echentive, todas ellas desarrolladas sobre lavas que conforman la costa occidental del edificio volcánico de Cumbre Vieja (Fig. 1).

"Beachrock" de la playa de Punta Naos. La playa de Punta Naos se desarrolla sobre las lavas volcánicas de la erupción del año 1585 (Carracedo *et al.*, 1997). En estos "beachrocks" se aprecia una abundante presencia (sobre un 40%) de cantos derivados de los materiales volcánicos submarinos pliocenos, mientras que en la playa actual más del 90% de los cantos son basálticos derivados de las lavas de Cumbre Vieja. La existencia de un "delta lávico" al norte de Punta Naos, formado por lavas de la erupción de 1949 (Carracedo *et al.*, 1997), pudo provocar un corte en el suministro litoral de cantos de la formación submarina desde el lugar de aporte (desembocadura del Barranco de Las Angustias) hasta Punta Naos. De esta forma, estos "beachrocks" deben haberse formado con posterioridad a la erupción de 1585 y con anterioridad a la de 1949.

Geométricamente se presentan con una potencia aproximada de 1,5 m, anchura de unos 20 m, se extienden unos 200 m a lo largo de la playa y buzan entre 5 y 10° hacia el mar. Texturalmente, el "beachrock" está constituido por ruditas y arenitas.

"Beachrock" de la playa de Charco Verde. Se desarrollan sobre lavas tipo "plataformas" que presentan edades inferiores a los 20.000 años (Carracedo *et al.*, 1997), siendo parcialmente cubiertos por lavas de la erupción de 1585. El "beachrock" tiene aproximadamente unos 50 cm de potencia, unos 10 m de ancho y se extiende unos 200 m a lo largo de la playa y directamente sobre las lavas "plataformas". Presenta un solo horizonte bien cementado constituido por ruditas, generalmente en la parte superior, y arenitas, con buzamientos entre 2 y 4° hacia el mar.

"Beachrock" de la playa de Las Zamoras. Esta playa se localiza sobre lavas volcánicas del tipo "plataforma" de edades inferiores a 20.000 años (Carracedo *et al.*, 1997). El "beachrock", destruido parcialmente durante el temporal del 6 de enero de 1999, tenía aproximadamente 1 m de potencia, unos 15 m de ancho, se extendía unos 50 m a lo largo de la playa, buzando unos 10° hacia el mar, y estaba constituido por microconglomerados y arenitas bien cementadas. El horizonte superior, poco cementado, estaba formado por ruditas, microconglomerados y arenitas. La superficie superior de este horizonte presentaba depresiones de 5 a 20 cm de profundidad y de algunos decímetros de diámetro interpretadas como estructuras de disolución (karst intermareal) del tipo "kamenitza".

"Beachrock" de la playa Chica. Esta playa, prolongación meridional de la anterior, se desarrolla también sobre lavas tipo "plataforma". El "beachrock" tiene unos 30 cm de potencia, unos 10 m de ancho, y forma parches métricos en distintos puntos de la playa. Presenta buzamientos entre 10 a 15° hacia el mar y está constituido por ruditas y arenitas bien cementadas.

"Beachrock" de la playa de Echentive. La playa y lagos de Echentive se desarrollan sobre lavas de la erupción de 1677, y están parcialmente cubiertos por lavas de la erupción del Teneguía en 1971 (Carracedo *et al.*, 1997). Los lagos se sitúan en la zona más interna de la playa, a unos 200 m de la línea de costa y presentan diámetros de unos 30 m y profundidades de hasta 4 m. El "beachrock" aflora en los márgenes, en concreto en la zona intermareal, de los lagos, tiene 1 m de potencia y está constituido por brechas de cantos angulosos a subangulosos de lavas volcánicas.

CEMENTOS DE LOS "BEACHROCKS"

El principal rasgo diagenético de los "beachrocks" es la cementación mediante cementos de aragonito y de HMC. Los cementos de aragonito son el cemento fibroso, el cemento microfibrroso y el cemento botroidal, y los cementos de HMC son el micrítico y el peloidal.

El cemento micrítico de HMC es relativamente abundante, ocupa la porosidad intergranular, presenta localmen-

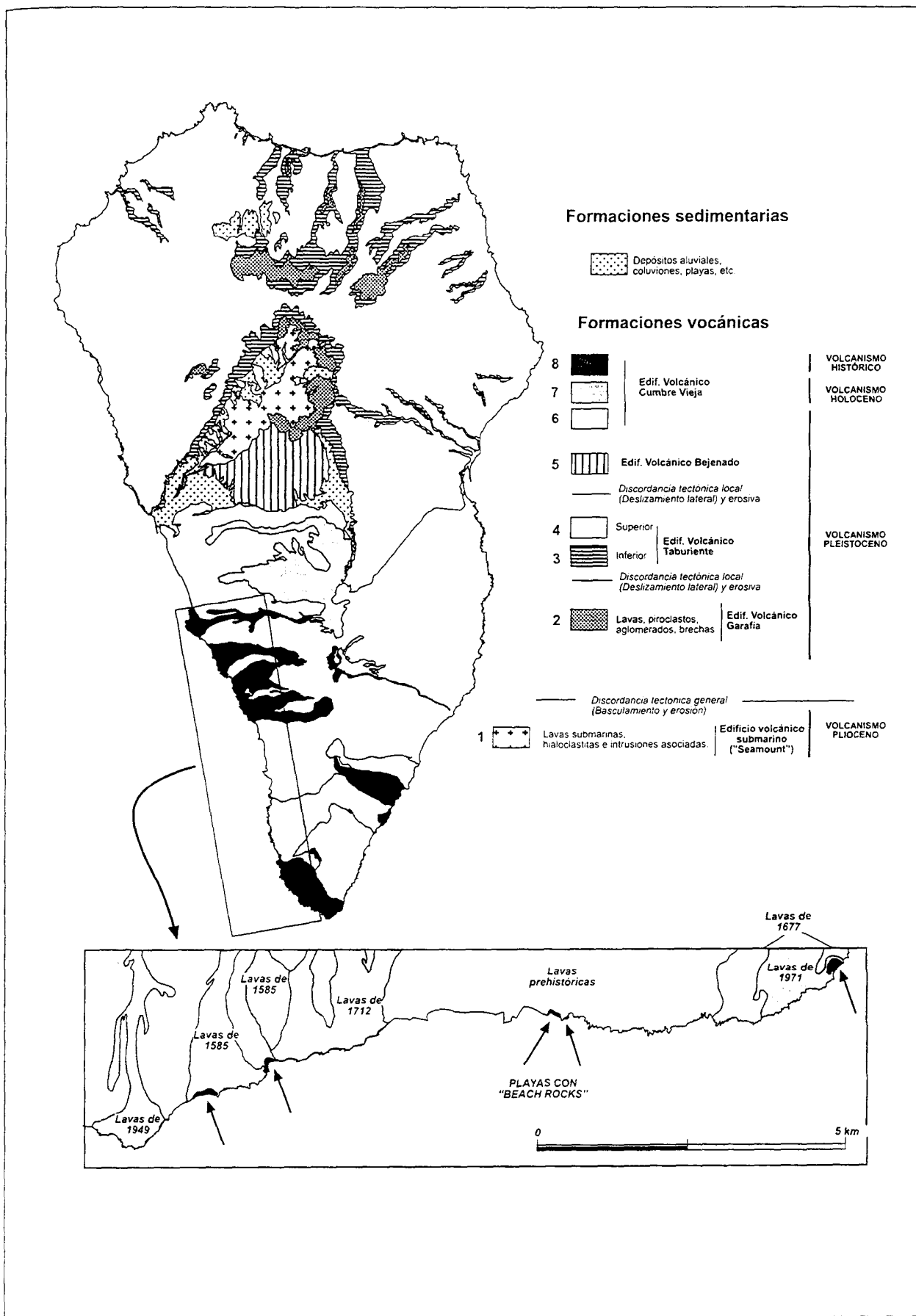


FIGURA 1: Esquema geológico de La Palma y situación de los "beachrocks" estudiados.

las lavas volcánicas y el aporte debido al drenaje de los barrancos (caso del barranco de Las Angustias en el ejemplo de Punta Naos). Además, para el desarrollo de un perfil de playa en esta isla se necesita la formación de un fondo submarino más o menos llano y no excesivamente profundo que podría estar relacionado con la entrada de las lavas subaéreas en el fondo submarino.

ii) Los "beachrocks" se localizan en la zona intermareal y posiblemente en la parte más interna del perfil de la playa. El ejemplo de Echentive podría ser la clave para comprender la formación de los "beachrocks" en el contexto de playas de gravas volcánicas. En la actualidad, sólo en la parte más interna de la playa (lagos) de Echentive se produce la cementación (cemento fibroso de aragonito) de los depósitos de playa. La precipitación de este cemento seguramente continua en la zona intermareal en dirección a la línea de costa y está cubierta por los depósitos supramareales. A partir de la composición isotópica del oxígeno de los cementos estudiados se ha deducido que estos cementos se formaron en aguas marinas con una cierta influencia de agua meteórica, lo cual es congruente con las observaciones actuales en la playa de Echentive.

iii) La retrogradación y erosión de las antiguas playas ha exhumado los "beachrocks" los cuales en la actualidad se localizan en el "foreshore" de las playas recientes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Proyecto nº 68/98 de la Fundación Universitaria de Las Palmas y parte de los análisis por el proyecto CICYT PB97-0883.

REFERENCIAS

Alexandersson, T. (1972): Mediterranean Beachrock Cementation: Marine Precipitation of Mg-Calcite. En: D.J. Stanley (ed.) *The Mediterranean Sea*. Dowden, Hutchinson y Ross, Inc., Stroudsburg: 203-223.

Amieux, P., Bernier, P., Dalongeville, R. y Medwecki de, V. (1989): Cathodoluminescence of carbonate-cemented Holocene beachrock from the Togo coastline (West Africa): an approach to early diagenesis. *Sedimentary Geology*, 65: 261-272.

Beier, J.A. (1985): Diagenesis of Quaternary Bahamian Beachrock: Petrographic and Isotopic Evidence. *Jour. Sed. Petrol.*, 55: 755-761.

Bernier, P., Bonvallot, J., Dalongeville, R. y Prieur, A. (1990): Le beach-rock de Temae (Ile de Moorea-Polynésie française). Signification géomorphologique et processus diagénétiques. *Z. Geomorph. N.F.*, 34: 435-450.

Carracedo, J.C., Day, S.J., Guillou, H. y Gravestock, P.I. (1997): Geological map of Cumre Vieja Volcano (La Palma, Canary Island). *International Workshop on Volcanism and Volcanic Hazards in Immature Intraplate Oceanic Islands*. La Palma.

Font, Y. y Calvet, F. (1997): "Beachrocks" Holocenos de la Isla de la Reunión, Océano Índico. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 22: 87-102.

Ginsburg, R.N. (1953): Beachrock in South Florida. *Jour. Sed. Petrol.*, 23: 85-92.

Holail, H. y Rasched, M. (1992): Stable isotopic composition of carbonate-cemented recent beachrock along the Mediterranean and the Red Sea coasts of Egypt. *Marine Geology*, 106: 141-148.

Magaritz, M., Gavish, E., Backler, N. y Kafri, U. (1979): Carbon and oxygen isotope composition-indicators of cementation environment in Recent, Holocene, and Pleistocene sediments along the Coast of Israel. *Jour. Sed. Petrol.*, 49: 401-412.

Neumeier, U. (1998): Le rôle de l'activité microbienne dans la cimentation précoce des beachrocks (sédiments intertidaux). *Terre & Environnement*, 12: 1-183.

te características de "microbialites" y constituye la primera etapa de cementación de los "beachrocks". Texturas similares al cemento micrítico de HMC han sido descritas en numerosos "beachrocks" por Alexandersson (1972), Bernier *et al.*, (1990), Holail y Rashed (1992), Font y Calvet (1997), Neumeier (1998), entre otros.

El cemento fibroso de aragonito ocupa gran parte de la porosidad intergranular, localmente también la porosidad intragranular, y está constituido por cristales fibrosos de 50 μm a 1.4 mm de largo y entre 7 y 100 μm de ancho. Cementos similares han sido reconocidos en "beachrocks" por Ginsburg (1953), Beier (1985), Bernier *et al.*, (1990), Font y Calvet (1997) y Neumeier (1998). Los valores del estroncio de este cemento varían entre 5.900 y 12.850 ppm, con una media de 9.210 ppm (que equivale a un aragonito con casi un 1% de CO_3Sr). El contenido en sodio oscila entre 1.290 y 2.530 ppm, con una media de 1.810 ppm. El cemento fibroso de aragonito constituye la segunda etapa de cementación de los "beachrocks" cuando está presente el cemento micrítico.

El cemento peletoidal de HMC ocupa la porosidad intrapartícula y constituye la última etapa de cementación de los "beachrocks". Los peloides, de 20 a 50 μm de diámetro, están constituidos por cristales de HMC de 1 a 4 μm . Cementos similares han sido descritos en "beachrocks" por Amieux *et al.*, (1989), Font y Calvet (1997), Neumeier (1998), entre otros.

ISÓTOPOS ESTABLES DE LOS CEMENTOS

Los valores de la composición isotópica del oxígeno del cemento fibroso de aragonito varían entre $-4,2\text{‰}$ PDB y $-2,4\text{‰}$ PDB. Los cementos aragoníticos del "beachrock" de Charco Verde (con una media de $-4,0\text{‰}$ PDB) presentan valores más ligeros que los "beachrocks" de playa Chica (con una media de $-3,0\text{‰}$ PDB).

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ de los cementos aragoníticos de la isla de La Palma son similares a algunos de los descritos por Neumeier (1998) en "beachrocks" de la Polinesia (Océano Pacífico). Pero en general son algo más ligeros que los cementos aragoníticos citados por Magaritz *et al.*, (1979) y Beier (1985), y bastante más ligeros que los cementos de aragonito y/o de HMC de "beachrocks" del Mediterráneo y del Mar Rojo (Holail y Rashed, 1992).

Los principales factores que podrían explicar los valores relativamente ligeros en los "beachrocks" analizados son: i) la menor salinidad del agua marina en Canarias; ii) la temperatura del agua marina, y iii) la influencia de agua meteórica.

i) La salinidad del agua marina en Canarias varía entre 36,2 y 37,2‰. La salinidad del Mediterráneo varía entre 38,8 y 39,5‰ en Creta (Neumeier, 1998) y entre 37,5 y 38,0‰ en Córcega (Bernier *et al.*, 1990), mientras que la salinidad en el Mar Rojo oscila entre 39,8 y 40,8‰ (Neumeier, 1998). En la Polinesia francesa la salinidad

varía entre 35 y 36‰. Así, los cementos de aragonito de los "beachrocks" tienden a presentar valores más ligeros cuando la salinidad es baja (Canarias y Polinesia) y valores más pesados cuando la salinidad del agua marina es alta (Mediterráneo, Mar Rojo).

ii) La temperatura del agua marina en Canarias varía entre un 17 y 25°C. La temperatura en Creta oscila entre 15 y 25°C (Neumeier, 1998), en Córcega entre 13 y 23°C (Bernier *et al.*, 1990), en el mar Rojo entre 21 y 29°C (Neumeier, 1998), y en la Polinesia francesa entre 27 y 29,5°C (Neumeier, 1998). Los cementos aragoníticos de la Polinesia francesa son los que presentan una composición similar a los de La Palma, pero han precipitado en aguas mucho más calientes, lo que parece indicar que la temperatura del agua marina no es el factor determinante en el control de la composición isotópica del oxígeno de los cementos aragoníticos de los "beachrocks".

iii) Los valores relativamente ligeros de la composición isotópica del oxígeno de los cementos de aragonito de los "beachrocks" de la isla de La Palma sugieren que precipitaron en un medio marino con cierta influencia de aguas meteóricas. Valores similares a los descritos en la isla de La Palma han sido interpretados en otros ejemplos de "beachrocks" de forma similar (Magaritz *et al.*, 1979; Neumeier, 1998).

Los valores de la composición isotópica del carbono del cemento fibroso de aragonito de los "beachrocks" de la isla de La Palma varían entre $+4,0$ y $+4,9\text{‰}$ PDB. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los cementos estudiados son muy similares a los de los cementos aragoníticos de los "beachrocks" de las Bahamas (Beier, 1985) y relativamente similares a los de los cementos aragoníticos de los "beachrocks" del Mediterráneo en Israel (Magaritz *et al.*, 1979) y de la Polinesia francesa (Neumeier, 1998). Los valores de la composición isotópica de los cementos aragoníticos de los "beachrocks" estudiados indican que se formaron en equilibrio con el agua marina a partir de la cual precipitaron.

DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LOS "BEACHROCKS"

La evolución de los depósitos de playa, y en concreto de la formación y posterior exhumación de los "beachrocks" en la isla de La Palma, durante los últimos 20.000 años, se explica a partir de las siguientes etapas: i) Desarrollo de las playas, las cuales constituyen la "roca encajante" de los "beachrocks"; ii) Formación de los "beachrocks"; y iii) Retrogradación y erosión de la playas.

i) El desarrollo de las playas implica un aporte disponible de clastos-granos y un fondo submarino más o menos llano. El sedimento de las playas es exclusivamente de origen terrígeno (clastos-granos procedentes de lavas volcánicas), ya que no hay material procedente de la plataforma marina (componentes esqueléticos). Los posibles aportes de material terrígeno son la erosión litoral (marina) de