

ORIGEN DE LOS “BEACHROCKS” DE LA ISLA DE LA PALMA, ISLAS CANARIAS

Los “beachrocks” estudiados afloran en la costa SO de la isla de La Palma, entre el pueblo de Punta Naos y el faro de Fuencaliente. Textualmente son conglomerados, microconglomerados y arenitas, cementados por distintos tipos de cementos de aragonito y calcita. Los datos de geoquímica elemental e isotópica de estos cementos sugieren que su formación se produjo a partir de aguas marinas con una ligera influencia de aguas meteóricas. Sus edades oscilan entre 33.000 años (“beachrock” de Charco Verde) a menos de 350 años (“beachrock” de Echentive). La formación y posterior exhumación de estos depósitos se explica a partir de las siguientes etapas: i) Desarrollo de las playas, ii) Formación de los “beachrocks”, y iii) Retrogradación y/o erosión de las playas.

The studied beachrocks outcrop in the SW coast of La Palma island, between the village of Puerto Naos and the Fuencaliente lighthouse. They are rudstones and arenites cemented by several aragonitic and calcian magnesian cements. Elemental and isotopic geochemistry indicates precipitation from marine waters slightly modified by meteoric waters. The ages of these beachrocks are comprised between 33.000 years BP (Charco Verde beachrock) to less of 350 years BP (Echentive beachrock). The evolution of these beach deposits follows three stages: i) beach deposition, ii) beachrock formation, and iii) beach retrogradation and/or erosion.

F. Calvet

F.J. Pérez Torrado

A. Travé

C. Recio

M.C. Cabrera

J.C. Carracedo

J. Mangas

PRESENTACIÓN

El conocimiento de la edad y evolución geológica de los depósitos de playa cementados (“beachrocks”) que afloran en La Palma, ha permitido la reconstrucción de importantes claves paleoceanográficas para Canarias.

INTRODUCCIÓN

Las arenas y los cantos 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 sedi-

mento tamaño arena y/o grava 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 (Bricker, 1971). Los “beachrocks”, en general, no

“las arenas y los cantos de playa litificados mediante cementos carbonatados dan lugar a una roca que se denomina “beachrock”

“el interés del estudio de los “beachrocks” actuales o subactuales recae en su potencial como protectores eficaces contra la erosión litoral. Además, como los “beachrocks” se originan en la zona intermareal, su localización permite determinar las variaciones del nivel del mar en el registro fósil”

exceden del metro de potencia, aunque se han citado hasta los 5 metros de potencia, y buzan suavemente (con un máximo de 15°) en dirección al mar siguiendo la disposición de la playa, desarrollándose en la parte alta del “shoreface”. A menudo, los “beachrocks” están constituidos por diversos horizontes (“dalles”, “beds”, “bands”, “horizons”) de algunos centímetros o decímetros de potencia. Los “beachrocks” se desarrollan preferentemente en climas tropicales y subtropicales (Bricker, 1971), aunque se han citado “beachrocks” en áreas con clima templado e incluso climas relativamente fríos.

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 (Rossi, 1988). Además, como los “beachrocks” se originan en la zona intermareal, su localización permite determinar las variaciones del nivel del mar en el registro fósil.

La presencia de “beachrocks” es relativamente común en las islas de Fuerteventura y La Palma, mientras que en Gran Canaria y La Gomera solamente se localizan en algunas playas. No obstante, en la literatura científica sólo se encuentran citados los de Fuerteventura (Tietz y Müller, 1971).

Los principales objetivos de este trabajo son: i) Localizar y caracterizar la geometría y disposición de los principales afloramientos de “beachrocks” en la isla de La Palma; ii) Determinar la edad de esos “beachrocks”; iii) Caracterizar las propiedades texturales, mineralógicas y geoquímicas (geoquímica elemental e isótopos estables) de los distintos tipos de cementos; iv) Presentar un modelo de desarrollo y origen de los “beachrocks”, y v) Considerar las implicaciones de la

presencia de los “beachrocks” en la isla de La Palma.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA ISLA DE LA PALMA

La evolución geológica de La Palma (Figura 1) se caracteriza por la existencia de dos etapas claramente definidas: el volcanismo submarino y el subaéreo (Carracedo et al., 2001). Los materiales de la etapa submarina, conocidos anteriormente como “Complejos Basales” y que en la mayoría de las islas volcánicas permanecen sumergidos, afloran de forma espectacular en la Palma en el interior de la Caldera de Taburiente. Conforman un complejo edificio submarino, de edad Pliocena, que ha sido levantado y basculado por las intrusiones magmáticas posteriores. Por ello, los materiales de la etapa subaérea se apoyan en él a través de una fuerte discordancia angular y erosiva.

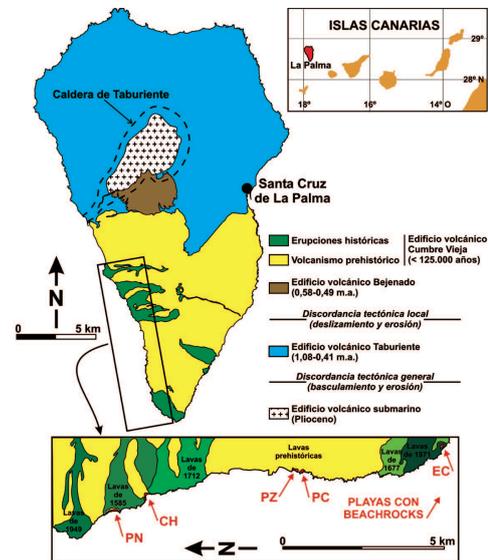


Figura 1. Mapa geológico de la isla de La Palma (simplificado de Carracedo et al., 2001) y situación de los “beachrocks” estudiados (PN: Puerto Naos; CH: Charco Verde; PZ: Playa de las Zamoras; PC: Playa Chica; EC: Echentive).

La construcción subaérea, de edad Cuaternaria (< 2 millones de años –m.a.–), se caracteriza por la formación de varios edificios volcá-

nicos superpuestos y yuxtapuestos, con una tendencia general de migración del volcanismo en dirección N-S (ver figura 1). De ellos, el edificio Volcánico Cumbre Vieja, formado en los últimos 150.000 años, concentra su actividad eruptiva en un rift de dirección N-S localizado en la mitad meridional de la isla. Este edificio continúa aún activo, con al menos una docena de erupciones durante el Holoceno (últimos 10.000 años), de las cuales aproximadamente la mitad corresponden a los últimos 500 años (periodo histórico). El rift de Cumbre Vieja se prolonga mar adentro en su extremo meridional, donde se han definido numerosos centros de emisión, lo que permite suponer que tanto este rift como la isla seguirán creciendo hacia el sur (Carracedo et al., 2001).

CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS

Aunque Canarias está situada en la zona subtropical, los parámetros físico-químicos de sus aguas marinas, tales como la salinidad y la temperatura, difieren notablemente de los correspondientes a esas regiones. Ello es debido a la influencia que la corriente de Canarias y, especialmente, el “afloramiento” de aguas profundas o “upwelling”, ejercen sobre el archipiélago (Braun y Molina, 1988).

La temperatura de las aguas superficiales varía entre un máximo de 25° en septiembre y octubre, y un mínimo de 17° en los meses de invierno. En aguas someras, especialmente en bahías tranquilas, en playas de poca pendiente, etc., el intercambio de calor con la atmósfera y con la tierra en la zona intermareal, hace que la diferencia de las temperaturas extremas sea por lo general superior (1-2°) a las indicadas. En cuanto a la salinidad, los valores estimados para las aguas superficiales oscilan entre un 36,20 ‰ durante el verano y un 37,20 ‰ en invierno.

Las mareas son semidiurnas, es decir, cada día se producen dos pleamares y dos bajamares. Con respecto a la altura y sus variaciones, se advierte que los niveles medios se mantienen durante todo el año en torno a un valor con apenas variaciones y que se ha cifrado en 1,3-1,2 m. La amplitud de la marea si varía a lo largo del año, alcanzando valores máximos (del orden de 3 m) durante los equinoccios de primavera y otoño (marzo y septiembre) y valores mínimos (del orden de 0,7 m) en los solsticios de verano e invierno.

Las muestras de agua de mar recogidas en la zona de batida de distintas playas de la isla de la Palma (agosto de 1999), muestran un pH variable entre 8,16 a 8,21. Estos valores caen dentro del valor de variación del pH para el agua marina estándar, que oscila entre 7,8 y 8,4 (Neumeier, 1998). Las muestras recogidas en la parte interna de la playa (lagos) de Echentive muestran valores más bajos de pH (entre 7,0 y 7,5) y una menor conductividad (42.600 $\mu\text{s}/\text{cm}$) que las aguas de la zona de batida. Estos datos indican que estas aguas de la parte interna de Echentive son aguas marinas ligeramente diluidas por la entrada de aguas meteóricas procedentes de la parte emergida de la isla. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ SMOW de las muestras de agua marina recogidas en la zona de batida de las olas y en la parte interna de las playas oscilan alrededor de +1,1 ‰ SMOW. El agua de la parte interna (lagos) de la playa de Echentive, presenta un valor en la composición isotópica del oxígeno de +0,4 ‰ SMOW. El valor de las aguas marinas de La Palma es un 3,1 ‰ más positivo que el correspondiente a los valores del agua marina actual representados por la curva global SPECMAC.

La isla de La Palma presenta un clima similar al del resto del Archipiélago Canario, con dos condicionantes básicos: la influencia de los vientos alisios procedentes del NNE

y la altitud, con un amplio tramo de cumbre por encima de los 2000 m. Como consecuencia, se aprecian dos zonas climatológicamente diferenciadas: la de barlovento, templada y húmeda, y la de sotavento, templada y seca. La precipitación media en la isla asciende a 740 mm/año (Consejo Insular de Aguas de La Palma, 1999), con una distribución espacial condicionada por las vertientes y las cotas de cada zona (Figura 2). Así, se observa que los menores valores pluviométricos se encuentran en los sectores costeros del oeste, donde precisamente afloran los depósitos de beachrocks estudiados.

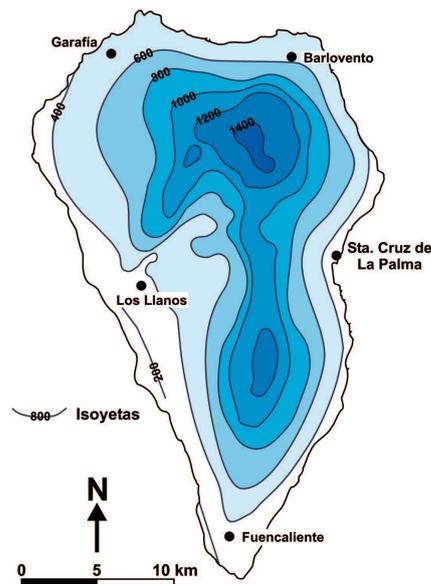


Figura 2. Distribución de los valores pluviométricos en La Palma (tomado del Consejo Insular de Aguas de La Palma, 1999).

LOCALIZACIÓN DE LOS “BEACHROCKS” EN LA ISLA 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, afloran en las playas de Punta Naos, Charco Verde, Las Zamoras, Chica y Echentive, todas ellas desarrolladas sobre lavas que conforman la costa occi-

dental del edificio volcánico de Cumbre Vieja (ver recuadro inferior de la figura 1).

“Beachrock” de la playa de Punta Naos. La playa de Punta Naos se desarrolla sobre las lavas volcánicas pertenecientes a la erupción del año 1585 (Benítez, 1952; Santiago, 1960; Machado 1962-1963; Carracedo et al., 2001). En estos “beachrocks” se aprecia una abundante presencia (sobre un 40%) de cantos del edificio volcánico submarino Plioceno, mientras que en la playa actual más del 90% de los cantos son basálticos derivados de las lavas del edificio Cumbre Vieja. La existencia de un “delta lávico” al norte de Punta Naos, formado por lavas de la erupción de 1949 (Carracedo et al., 2001), 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.

Geoméricamente 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 (Figura 3.1). Texturalmente, el “beachrock” esta constituido por ruiditas y arenitas.

“Beachrock” de la playa de Charco Verde. Se desarrollan sobre lavas tipo “plataformas” consideradas con edades inferiores a los 20.000 años (Carracedo et al., 2001), siendo parcialmente cubiertos por lavas de la erupción de 1585. El “beachrock” tiene aproximadamente unos 50 cm de potencia, unos 10 m de ancho, se extiende unos 200 m a lo largo de la playa y buza unos 2-4° hacia el mar (Figura 3.2). Presenta un solo horizonte bien cementado, constituido por ruiditas (Figura 3.3), generalmente en la parte superior, y por arenitas.

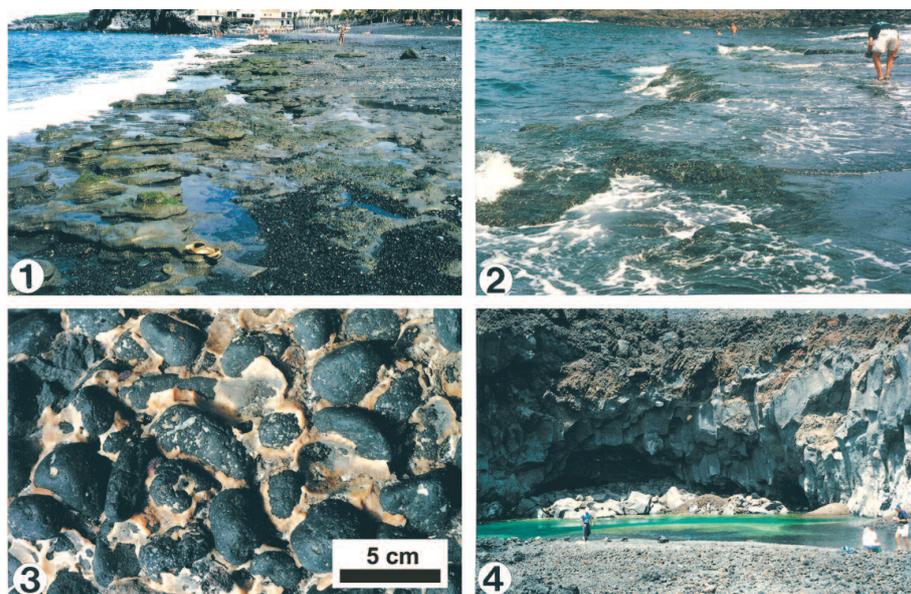


Figura 3. 1) “Beachrock” de la playa de Punta Naos. 2) “Beachrock” de la playa de Charco Verde. 3) Cantos volcánicos cementados por cemento fibroso aragonítico en la playa de Charco Verde. 4) Parte interna del “bachshore” de la playa de Echentive donde se observan los lagos.

“Beachrock” de la playa de Las Zamoras. Esta playa se localiza sobre lavas volcánicas de tipo “plataformas” (Carracedo et al., 2001). El “beachrock”, parcialmente destruido 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 con buzamientos del orden de unos 10° hacia el mar. Presentaba dos horizontes, uno inferior constituido por microconglomerados y arenitas bien cementadas, y el superior, poco cementado, estaba formado por ruditas, microconglomerados y arenitas. La superficie superior de este último 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 localiza sobre lavas volcánicas del tipo “plataformas” (Carracedo et al., 2001). El “beachrock” tiene unos 30 cm de potencia visible, unos 10

m de ancho, y forma parches métricos en distintos puntos de la playa. Presenta buzamientos entre 10-15° 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, estando parcialmente cubiertos por lavas de la erupción del Teneguía en 1971 (Afonso et al., 1974; Carracedo et al., 2001). Los lagos se localizan en la zona más interna de la playa, a unos 200 m de la línea de costa, presentan diámetros de unos 30 m y profundidades de hasta 4 m (Figura 3.4). El “beachrock” aflora en los márgenes, y en concreto en la zona intermareal, de estos lagos, tiene 1 m de potencia y está constituido por brechas de cantos angulosos a subangulosos de lavas volcánicas.

DATACIÓN DE LOS “BEACHROCKS”

La datación de los “beachrocks” de la isla de la Palma se ha basado en: i) a partir de la posi-

ción relativa de estos depósitos respecto a las lavas volcánicas, históricas y datadas; ii) mediante Carbono 14 (llevadas a cabo en los laboratorios Beta Analytic, EEUU, utilizando técnicas AMS) de dos muestras de cemento de aragonito de los “beachrocks” de Charco Verde y de playa Chica.

“los resultados de la geoquímica elemental e isotópica de los cementos de los “beachrocks”, sugieren que la formación de estos cementos se produjo a partir de aguas marinas con una ligera influencia de aguas meteóricas”

La datación del “beachrock” de la playa de Charco Verde arrojó una edad de 32.850 ± 490 BP (*before present*, es decir, años antes del presente). Esta edad debe tomarse con bastante cautela por dos razones: está en el límite de una buena calibración del método Carbono-14 y es más antigua que la edad estimada para las lavas tipo “plataformas” sobre las que se apoya. No obstante, este “beachrock” puede ser considerado como el más antiguo de los estudiados en la isla de La Palma.

El “beachrock” de la playa Chica ha proporcionado una edad de 14.090 ± 130 BP. En tanto que la playa de las Zamoras es la continuidad de la playa Chica, podría suponerse la misma edad para el “beachrock” de esta playa.

El “beachrock” de la playa de Punta Naos no ha podido datarse mediante Carbono 14, ya que el tamaño del cemento no permitió un muestreo adecuado. No obstante, en función de su posición relativa respecto a las lavas volcánicas sobre las cuales se desarrolla la playa de Punta Naos, es posible determinar que el “beachrock” es posterior al año 1585 y anterior al 1949 de nuestra era.

La edad del “beachrock” de la playa de Echentive se ha determinado también en función de su posición relativa con las lavas volcánicas vecinas. Así, debe ser posterior al año 1677 de nuestra era, lo que lo convierte en el “beachrock” más reciente de La Palma.

COMPOSICIÓN DE LOS “BEACHROCKS”

La composición textural de los “beachrocks” varía desde ruditas a arenitas mal clasificadas, con cantos decimétricos a granos milimétricos. Los cantos presentan morfología redondeada a subredondeada (a excepción del “beachrock” de la playa Echentive) y están constituidos por distintos tipos de rocas volcánicas, fundamentalmente lavas basálticas. Los granos milimétricos están constituidos por fragmentos de lavas volcánicas y, en menor proporción (alrededor de un 2 %), por cristales de piroxeno, olivino y anfíbol.

La principal porosidad de los “beachrocks” es la intergranular y de forma secundaria intragranular (las vacuolas de las lavas basálticas).

El principal rasgo diagenético de los “beachrocks” es la cementación mediante cementos de aragonito y calcita magnesiana (HMC). Los cementos de aragonito son de tipo fibroso (Figuras 4.1 y 4.2) y, en me-

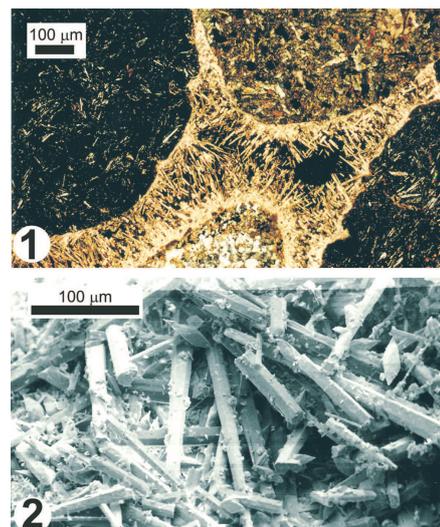


Figura 4. 1) Cemento fibroso de aragonito relleno parcialmente la porosidad intergranular. Microscopio petrográfico, nícoles cruzados. 2) Cemento fibroso de aragonito presentando los cristales hábito hexagonal. Microscopio electrónico de barrido.

| PLAYA | EDAD BEACHROCK | ALTURA | TIPOS DE CEMENTOS | % CO ₃ Mg | ppm Sr | ppm Na | δ ¹⁸ O (‰ PDB) | δ ¹³ C (‰ PDB) |
|--------------|----------------------|--------|-------------------|----------------------|--------------|------------|---------------------------|---------------------------|
| ECHENTIVE | Post 1677 AD | 0 | Aragonito fibroso | — | 7760 - 10890 | 430 - 1290 | — | — |
| | | | HMC micrítico | — | 8715 - 10405 | 785 - 1275 | | |
| PUNTA NAOS | Entre 1585 y 1949 AD | 0 | Aragonito fibroso | — | 7350 - 12970 | 385 - 2525 | — | — |
| | | | HMC micrítico | 14,3 - 15,2 | 185 - 855 | 325 - 565 | | |
| LAS ZAMORAS | 14090 ± 130 BP? | 0 | Aragonito fibroso | — | — | — | -3,2 | +4,1 |
| | | | HMC micrítico | — | — | — | | |
| PLAYA CHICA | 14090 ± 130 BP | 0 | Aragonito fibroso | — | 6350 - 13450 | 545 - 1175 | -3,7 a -2,4 | +4,0 a +4,9 |
| | | | HMC micrítico | 11,2 - 14,7 | 315 - 1195 | 210 - 810 | | |
| CHARCO VERDE | 32850 ± 490 BP | + 1m | Aragonito fibroso | — | 4250 - 12310 | 245 - 770 | -4,2 a -3,7 | +4,4 a +4,7 |
| | | | HMC botroidal | 8,2 - 15,2 | 780 - 1490 | 315 - 705 | | |

Tabla 1. Edades (dataciones C-14 o relacionadas con lavas históricas), alturas (referidas al nivel del mar actual) y características de los cementos (minerología, geoquímica elemental e isotópica) de los “beachrocks” estudiados.

nor medida, microfibroso y botroidal, mientras que los de HMC son el micrítico, peloidal y localmente el botroidal. Se observa que el tamaño de los cementos fibrosos de aragonito aumenta con la edad de los “beachrocks”. Así, los de Echentive presentan los menores tamaños, mientras que los de Charco Verde son los mayores, con rangos de hasta varios mm (ver figura 3.3).

El estudio geoquímico de estos distintos tipos de cementos se ha realizado mediante la microsonda electrónica (Universidad de Barcelona). En cada punto se han analizado los elementos Ca, Na, Mg, Sr, Mn y Fe. Se observa que el cemento fibroso de aragonito presenta valores muy altos de estroncio y valores intermedios de sodio, mientras que los cementos de HMC presentan valores intermedios de estroncio y valores bajos de sodio (Tabla 1). Por otro lado, los valores de la composición isotópica (Universidad de Salamanca) del oxígeno del cemento fibroso de aragonito varían entre -4,2 ‰ PDB y -2,4 ‰ PDB y los del carbono entre +4,0 y +4,9 ‰ PDB (Tabla 1).

En conclusión, los resultados de la geoquímica elemental y de las composiciones isotópicas de los cementos de los “beachrocks”, sugieren que la formación de estos cementos se produjo a partir de aguas marinas con una ligera influencia de aguas meteóricas.

DISCUSIÓN: DESARROLLO Y ORIGEN DE LOS “BEACHROCKS” DE LA ISLA DE LA PALMA

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 34.000 años, se explica a partir de las siguientes etapas (Figura 5): i) Desarrollo de las playas, las cuales constituyen la “roca encajante” de los “beachrocks”; ii) Formación de los “beachrocks”; iii) Retrogradación y/o erosión de las playas.

i) Desarrollo de las playas. Implica un aporte disponible de clastos-granos y un fondo submarino mas o menos llano.

- Aporte disponible de sedimento. Todo el sedimento de las playas es 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 deben hacerse a través de la erosión litoral (marina) de las lavas volcánicas y por el drenaje de los barrancos (caso del barranco de Las Angustias en el ejemplo de Punta Naos). El momento de mayor aporte de sedimento podría estar relacionado con las distintas erupciones volcánicas cuando las lavas entran en contacto con el agua marina, pro-

“la evolución de los “beachrocks” implica tres etapas: desarrollo de las playas a partir de materiales volcánicos, formación de los “beachrocks” y retrogradación y/o erosión de las playas”

vocando una fuerte fragmentación de esas lavas que genera clastos mas o menos subangulosos. Además la entrada de lavas en el mar puede cambiar la morfología litoral creando puntas y ensenadas. Es en el interior de las ensenadas donde fácilmente puede desarrollarse una playa, la cual puede ir migrando hacia el mar (etapa de progradación), como ocurre en la actualidad en la playa de Echentive. Esta playa, de unos 200 m de ancho, presenta unos montículos de trasplaya (“backshore ridges”) de hasta 5 m de altura inmediatamente detrás de la zona de batida (“foreshore”).

- Creación de un fondo submarino más o menos plano y no excesivamente profundo para el desarrollo del perfil de la playa. Este perfil comprende la zona de anteplaya (“shoreface”), que posiblemente estaba poco desarrollada, la zona de batida (“foreshore”) y hasta la zona de trasplaya (“backshore”). La formación de este perfil poco profundo y plano debe estar también relacionado con la entrada de las lavas subaéreas en el fondo marino.

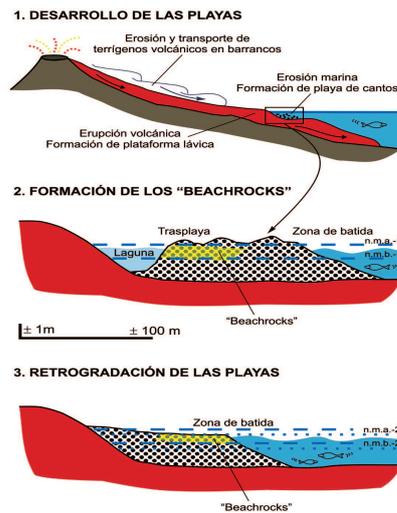


Figura 5. Modelo propuesto para la evolución de las playas y de los “beachrocks” en La Palma (explicación en el texto). n.m.a.: nivel marea alta; n.m.b.: nivel marea baja.

ii) **Formación de los “beachrocks”**. Los “beachrocks” se locali-

zan en la zona intermareal y, posiblemente, en la parte mas 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, es en la parte más interna de la playa de Echentive (los lagos) donde se produce la cementación de los depósitos de playa. Los cementos que se presentan son el cemento fibroso de aragonito y el cemento micrítico de HMC. La precipitación de cemento seguramente continua en la zona intermareal en dirección a la línea de costa, pero queda tapada por los depósitos supramareales.

A partir de la composición isotópica del oxígeno de los cementos de Charco Verde y de playa Chica, se ha deducido que estos cementos se formaron en aguas marinas con una ligera influencia de agua meteórica. Por otro lado, la composición isotópica del oxígeno, la conductividad y el pH del agua del lago de Echentive, determinan que es un agua marina algo modificada.

En conclusión, las playas se cementan en la zona intermareal y posiblemente en las zonas mas internas de las playas donde el agua marina puede presentar ligeras influencias de aguas meteóricas.

iii) **Retrogradación y/o erosión de las playas**. En las playas de Charco Verde, Las Zamoras y Chica, los “beachrocks” afloran en la zona actual de batida (“foreshore”). Esto indicaría que gran parte de estas playas se han erosionado y que la retrogradación pondría en relieve los niveles mas duros (“beachrocks”) los cuales se habrían desarrollado en la parte más interna de la zona de trasplaya (“backshore”). Si el proceso erosivo de retrogradación es muy energético puede erosionar incluso los “beachrocks”. En la playa de Las Zamoras afloraba hasta enero de 1999 el “beachrock” descrito previamente. Como conse-

cuencia del temporal del 6 de enero de 1999 el “beachrock” fue prácticamente destruido en su totalidad.

CONSIDERACIONES SOBRE LA PRESENCIA DE “BEACHROCKS” EN LA PALMA

El estudio realizado en los “beachrocks” de la isla de La Palma, al margen del interés puramente científico respecto a los procesos diagenéticos y geoquímicos de estas zonas litorales, ha permitido también realizar algunas consideraciones de interés más general como son:

1. Levantamiento de la isla de La Palma. Las dataciones absolutas mediante Carbono 14 de los cementos de los “beachrocks” de las playas de Charco Verde (32.850 ± 490 años) y Chica (14.090 ± 130 años), junto a la posición actual de estos “beachrocks” respecto al nivel del mar, permite la comparación de estos niveles con la curva de alta resolución de las fluctuaciones eustáticas para la etapa final del Cuaternario.

De acuerdo con esta curva eustática (curva SPECMAP), el nivel del mar hace unos 14.000 años estaría situado a unos 70 metros por debajo del nivel actual del mar, mientras que hace 33.000 años estaría situado a unos 60 metros por debajo del nivel actual. Pero la posición actual de estos “beachrocks” respecto al nivel del mar (a +1m el de la playa de Charco Verde y al mismo nivel el de Playa Chica) implica un importante levantamiento de la isla de La Palma del orden de unos 0,5 cm/año. Estas velocidades de levantamiento tan altas deberían tomarse con precaución, ya que la curva eustática del nivel del mar (curva SPECMAP) ha sido puesta en duda recientemente por distintos autores. Pero, aunque el ritmo de levantamiento de la isla de La Palma sea posiblemente mucho menor que el calculado, la presencia de los “beachrocks” de Charco Verde y de Playa Chica de varios miles de años

de antigüedad a cota casi 0, permite deducir que la isla de La Palma ha sufrido un cierto levantamiento.

2. Presencia de “beachrocks” e implicaciones en la preservación de las playas. La presencia de “beachrocks” en una playa implica una etapa de retrogradación de estos depósitos litorales. En tanto que los “beachrocks” se originan en la zona intermareal, su presencia determina la degradación de los depósitos friables supramareales. La degradación de estos depósitos se puede relacionar con distintos parámetros, pero siempre ligado a una baja tasa de sedimentación de la playa, con lo cual el ritmo de erosión es mayor que el de sedimentación, quedando por lo tanto al descubierto los materiales infrayacentes y duros del “beachrock”. La causa de una baja tasa de sedimentación se debe a distintos factores, como los ecológicos (degradación medioambiental) en el caso de algunas islas del Pacífico (Tahití, La Reunión, etc.) o los geodinámicos como en el caso de la isla de La Palma. En esta isla, y en tanto que los “beachrocks” están constituidos exclusivamente por materiales volcánicos, el no aporte de estos materiales a la playa implica su retrogradación y la consecuente exposición de los “beachrocks”. La presencia de retazos o de amplias extensiones de “beachrock” en las playas hacen que estos espacios no sean los más aptos para el uso del baño. Sin embargo, es la presencia de los “beachrocks” en estas playas la que impide la desaparición total de las mismas por la acción de la erosión marina.

3. Implicaciones paleoceanográficas. Los espesores de todos los “beachrocks” estudiados (los jóvenes y viejos) son parecidos (entre 1 y 1.5 m) y además coincidentes con el rango mareal medio actual para Canarias. Eso parece sugerir que el rango mareal en Canarias no ha cambiado mucho durante los últimos 34.000

“el estudio realizado en los “beachrocks” de la isla de La Palma ha permitido formular consideraciones de carácter geológico, oceanográfico y climático, tales como caracterización de movimientos eustáticos vs isostáticos, rangos mareales, etc”

años. Es decir, aunque el nivel del mar cambie, parece que el rango marreal es relativamente constante e independiente de estas fluctuaciones.

4. Implicaciones geológicas sobre la localización de los “beachrocks”. Los “beachrocks” de La Palma se localizan a lo largo de la costa del edificio volcánico de Cumbre Vieja, edificio en el que se concentra la actividad volcánica más reciente de la isla. En el resto de la isla, si se formaron playas y “beachrocks”, se han erosionado en gran medida. Esta consideración concuerda con el modelo de desarrollo de playas que se ha planteado en este trabajo, en tanto que para la formación de las playas se necesita un aporte mas o menos constante de sedimento. El aporte de sedimento a la línea de costa, en la isla de La Palma, es solamente importante en la parte activa de la isla, ya que se requiere aporte de lavas para formar material del que nutrir los depósitos de playa y la formación de ensenadas a su favor.

5. Implicaciones climáticas sobre la localización de los “beachrocks”. Además de lo comentado en el anterior epígrafe, los “beachrocks” de La Palma se localizan solamente en la costa oeste del edificio de Cumbre Vieja, que es la parte con una menor pluviometría (ver figura 2) y que está al amparo de la influencia de los alisios. Estos parámetros favorecen la evaporación, que es un parámetro muy importante en el desarrollo de los cementos de los “beachrocks”.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Proyecto nº68/98 de la Fundación Universitaria de Las Palmas y parte de los análisis por el proyecto CICYT PB97-0883. Los autores agradecen los comentarios y opiniones de los profesores de la Universidad de Barcelona, D. Gimeno y R Vaquer, así como a todo

el personal de los Servicios Científico-Técnicos de las universidades de Salamanca (donde se realizaron los análisis isotópicos) y Barcelona (donde se hicieron las láminas delgadas y los análisis geoquímicos).

DEDICATORIA



Francesc Calvet Rovira murió el 10 de enero del 2002. A él, una persona maravillosa, viva y entusiasta, le ofrecemos nuestro mejor brindis con champán francés. Una pequeña parte de sus numerosos conocimientos en rocas carbonatadas y de su enorme ilusión en el estudio de estos depósitos en nuestras Islas Canarias quedan en este artículo. POR CESC.

BIOGRAFÍA

- F. CALVET^{1†}
- F.J. PÉREZ TORRADO²
- A. TRAVÉ¹
- C. RECIO³
- M.C. CABRERA²
- J.C. CARRACEDO⁴
- J. MANGAS²

¹ Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Uni-

versitat de Barcelona. 08071-Barcelona

² Departamento de Física (Geología). Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 35017-Las Palmas de Gran Canaria.

³ Servicio General de Análisis de Isótopos Estables. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. 37008-Salamanca.

⁴ Estación Volcanológica de Canarias. IPNA - CSIC. 38080-La Laguna, Tenerife.

† Fallecido en enero del 2002.

El equipo investigador que ha llevado a cabo el presente estudio está integrado por profesores de las Universidades de Las Palmas de Gran Canaria, Barcelona y Salamanca, así como de la Estación Volcanológica de Canarias (Tenerife). Cada uno de los integrantes es especialista en campos diversos como la vulcanología, petrología sedimentaria, geoquímica isotópica, etc.

Desgraciadamente, desde enero del 2002 no está entre nosotros el compañero Francesc Calvet, verdadero motor de este trabajo. Lo que empezó por un descubrimiento suyo en las playas de La Palma, donde pasaba sus vacaciones de verano, pasó a convertirse en una línea de in-

vestigación que condujo a hallazgos similares en otras islas. La muerte le vino en pleno estudio de estos nuevos “beach-rocks”. El resto del equipo intentaremos culminar el trabajo que Cesc comenzó.

Francisco José Pérez Torrado

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

e-mail: fperez@dfis.ulpgc.es

BIBLIOGRAFÍA

AFONSO, A., APARICIO, A., HERNÁNDEZ-PACHECO, A. y BADIOLA, E.R. (1974): Morphology evolution of Teneguía volcano area. *Estudios Geológicos*, vol. Teneguía:19-26.

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

BENÍTEZ, S. (1952): La erupción de “Las Manchas” en la isla de La Palma y el volcanismo canario (24 junio-31 julio 1949). *El Museo Canario*, 13: 51-72.

BRAUN, J.G. y MOLINA, R. (1988): El Mar. En *Geografía de Canarias. Volumen 1: Geografía Física*. Ed. Interinsular Canaria, capítulo II: 17-28

BRICKER, O.P. (ed.) (1971): Introduction: Beachrock and intertidal cement. *Carbonate Cements*, pp.1-3, The Johns Hopkins Press, Baltimore and London.

CARRACEDO, J.C., RODRÍGUEZ BADIOLA, E., GUILLOU, H., DE LA NUEZ, J. y PÉREZ TORRADO, F.J. (2001): Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. *Estudios Geológicos*, 57: 175-273.

CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LA PALMA (1999): Plan Hidrológico Insular. III tomos: Memoria, Normas y Programa de inversiones.

GINSBURG, R.N. (1953): Beachrock in South Florida. *Journal of Sedimentary Petrology*, 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.

MACHADO, F. (1962-1963): Erupções do ilha de La Palma (Canárias). *Boletim do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências*, 9:143-156.

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

ROSSI, G. (1988): Un exemple d'utilisation d'une défense naturelle contre l'érosion littorale: le grès de plage. *Revue de Géomorphologie dynamique.*, 37:1-10.

SANTIAGO, M. (1960): Los volcanes de La Palma (Islas Canarias). Datos histórico-descriptivos. *El Museo Canario*, 21:281-346.

TIETZ, G. y MÜLLER, G. (1971): High-magnesian calcite and aragonite cementation in recent beachrocks, Fuerteventura, Canary Islands, Spain. In: O.P. Bricker ed. *Carbonate Cements*, The Johns Hopkins University, Baltimore and London, pp.4-8.

Patrocinador de esta investigación:

ASTILLEROS CANARIOS, S.A.
(ASTICAN)