

# El Edificio Antiguo de la isla de San Vicente (Cabo Verde): características del sector occidental

The Old Edifice of San Vicente Island (Cape Verde): features of the western sector

M.J. Huertas <sup>(1)</sup>, F. Hernán <sup>(2)</sup>, E. Ancochea <sup>(1)</sup> y J.L. Brändle <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Petrología y Geoquímica. Univ. Complutense - Inst. Geología Económica. C.S.I.C. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

<sup>(2)</sup> Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 38206 La Laguna. Tenerife

## ABSTRACT

A more than 1000m thick pile of basaltic lava flows and pyroclasts dipping seawards rises on the western sector of San Vicente. Several systems of dikes cut across the succession that is composed of two different sequences. The lower sequence (Lazareto Formation), about 400 m thick, is formed mainly by pahoe-hoe, frequently ankaramitic, basalt lavas and some breccias intercalated. This sequence is exposed in small hills and low rounded ridges of gentle slopes. The upper sequence (Monte Cara Formation), some 700 m thick, consisting in individually thicker basaltic lava flows with typical scoria levels is well exposed in high scarps. Numerous subvertical dikes cross the entire succession. The dikes vary increasingly their strike from south to north. Frequent sills (one every 3-5 m) also intrude the lower sequence. The distribution of the lava flow dip strikes as well as the dike strikes suggests that the succession as a whole was part of a central volcanic edifice, of which the eruptive centre was once located south of the city of Mindelo. This giant volcanic edifice, 16-20 km in diameter and 1600-2000m high, would have extended off the present coast. According to the radiometric ages obtained the volcano built up between 6,1Ma and 4,6 Ma with maximum activity concentrated between 5,5 and 5 Ma.

Key words: Oceanic islands, shield phase, San Vicente, Barlovento Islands, Cape Verde.

Geogaceta, 40 (2006), 95-98

ISSN: 0213683X

## Introducción y antecedentes

La isla de San Vicente es una de las islas mayores (227 km<sup>2</sup>) de la alineación de Barlovento, del archipiélago de Cabo Verde. Tiene una forma que recuerda a un rombo con la diagonal mayor (este-oeste) de unos 24 km y la menor (norte-sur) de unos 16 km. Forma parte de una elevación alargada en dirección NO-SE sobre un fondo oceánico de 3,5 – 4 km de profundidad (Dash *et al.*, 1976), que engloba también a las islas de Santo Antao, Santa Luzia, Branco, Razo y San Nicolau (Fig. 1). La profundidad del mar entre ella y Santa Luzia no alcanza los 50 metros, mientras que entre ella y Santo Antao llega a los 500m.

En la isla de San Vicente pueden distinguirse dos grandes zonas morfológicamente distintas: una más baja topográficamente (no suele superar los 100-150 m de altitud), plana o con pequeños cerros, cubiertos con frecuencia por arenas eólicas, y que ocupa la parte central interior y otra, situada en la zona más externa de la isla, rodeando a la anterior, y formada por una alineación de montañas de 500-700 m de altitud (Fig.2). Esta alineación está cortada por tres valles

que comunican la zona interior con el mar: al norte el de la «ribeira» de Viana, que se abre en la bahía de Mindelo, al suroeste el de la «ribeira» de San Pedro, que da lugar a la bahía del mismo nombre y al este-sureste, el de la «ribeira» de Calhau. Estos valles dividen la zona externa en tres sectores: el sur, entre San Pedro y Calhau, el este-no-

reste, entre Calhau y Mindelo, y el sector oeste entre Monte Cara y San Pedro, que es el que se estudia en este trabajo.

En la zona interior, cubiertas parcialmente por depósitos sedimentarios recientes, afloran rocas intrusivas (gabros, sienitas, ijolitas,...), extrusivas (fonolitas, nefelinitas...) y volcánicas submarinas,



Fig. 1.- Distribución y batimetría de las islas de Barlovento y su situación dentro del archipiélago de Cabo Verde

Fig. 1.- Distribution and bathymetry of the Barlovento Islands (Cabo Verde). Inset the whole Cape Verde Archipelago.



Fig. 2.- Mapa topográfico esquemático de la isla de San Vicente. Equidistancia de las curvas de nivel 100 m. El área enmarcada corresponde al sector objeto de estudio.

Fig. 2.- Schematic topographic map of San Vicente. Vertical distance between contour lines 100m. The sector studied is framed in the figure.

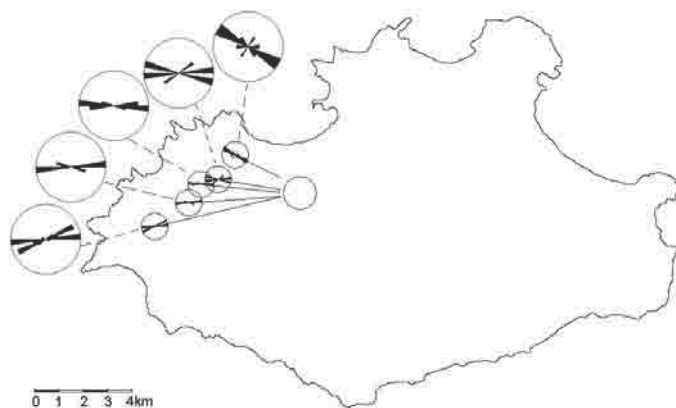


Fig. 3.- Rosas de distribución de diques en el sector occidental de la isla de San Vicente. Las direcciones medias de los diques en las distintas estaciones convergen en un sector del interior de la isla donde se situaría el hipotético centro del edificio antiguo.

Fig. 3.- Rose diagrams of the dikes in the western sector of San Vicente. The mean dike strikes in the different stations converge to an area located on shore, pointing out the hypothetical eruptive centre of the Old Edifice.

atravesadas por un denso complejo filoniano, de características análogas y posiblemente con el mismo significado que los Complejos Basales de Canarias. Esta unidad ha sido denominada «Complejo eruptivo interno antiguo» por Serrallheiro (1976) e interpretada (Serrallheiro 1966) como el fondo de una caldera («Cha da caldeira»), una caldera circular, de erosión y de subsidencia, invadida parcialmente por el mar.

Las alineaciones de la zona externa han sido interpretadas como los restos de un estratovolcán (Bebiano, 1932, Serrallheiro, 1966) que, según Bebiano (1932) ocupaba una posición excéntrica en la isla y cuyo cráter estaba situado en la bahía y en parte de la ciudad de Mindelo. Jørgensen y Holm (2002), en un trabajo centrado en las carbonatitas, reconocen que dentro de la zona externa pue-

den distinguirse, en base a la cantidad de diques y a la composición, unas rocas volcánicas antiguas (Old Volcanics) atravesadas por frecuentes diques, de composición basáltica (químicamente basanitas), alteradas, y que ocupan los sectores oeste y sur antes mencionados y unas rocas volcánicas intermedias (Intermediate

Volcanics) sin diques, ultraalcalinas, más frescas, y que se extienden por el sector este-noreste. Las rocas volcánicas recientes (Recent Volcanics), están constituidas por pequeños edificios que aparecen en el este de la isla. Datan mediante  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  una roca de cada una de las unidades; obteniendo  $5,68 \pm 0,22$  Ma, para las rocas volcánicas antiguas;  $4,43 \pm 0,04$  Ma para las intermedias y  $0,33 \pm 0,05$  Ma para las recientes.

Este trabajo se centra en el análisis del sector occidental del edificio volcánico antiguo, en sus características y en las de los enjambres de diques que la atraviesan, intentando reconstruir, a partir de esos datos, su morfología original.

### El sector occidental del Edificio Antiguo

La potente sucesión de coladas y piroclastos que actualmente ocupa las zonas externas de la isla, son los restos de un gran edificio volcánico que, siguiendo parcialmente la terminología de Jørgensen y Holm (2002), y la de las unidades equivalentes de las islas canarias, hemos denominado «Edificio Antiguo».

Como hemos señalado, tres valles principales, dividen el edificio en tres sectores. Dos de los valles, los de la ribeiras de San Pedro y de Viana, están alineados (Fig. 2), dando lugar a una franja rectilínea, de dirección NE-SO, de menos de un kilómetro de ancho y escasa altitud, cubierta por dunas, que une la costa norte (la bahía de Mindelo), con la sur (la bahía de San Pedro).

Al noroeste de esa banda se extiende el sector occidental del edificio. Se trata de una franja montañosa continua (sin valles que la atraviesen), de unos 10 km de longitud, en la que pueden distinguirse una serie de picos. De sur a norte: Monte Rosa (317 m), Tope Vermelho (395 m), Fateixa (571 m), Cabeza de Gato (481 m), Monte Cara (490 m). De esa franja, sobre todo en la parte central y norte surgen alineaciones montañosas en forma de cuchillos, que descienden hacia el mar, aca-

Nº muestra	tipo	Coordenadas UTM		$^{40}\text{Ar}^*$ radiogénico, scc/gm x $10^{-5}$	% $^{40}\text{Ar}^*$ radiogénico	% K	Edad (Ma)
V-1	Colada basáltica	704.080	1.861.697	0,011	30,2	0,54	$5,0 \pm 0,3$
V-2	Colada basáltica	703.952	1.861.851	0,023	51,0	1,05	$5,5 \pm 0,1$
V-6	Sill basáltico	709.033	1.866.898	0,020	42,5	1,03	$5,0 \pm 0,2$
V-4	Dique basáltico	704.137	1.861.898	0,021	67,6	0,89	$6,1 \pm 0,2$
V-5	Dique basáltico	704.137	1.861.928	0,022	59,8	1,07	$5,3 \pm 0,1$
V-7	Dique basáltico	708.050	1.865.350	0,017	36,3	0,78	$5,4 \pm 0,2$
V-53	Dique basáltico	707.392	1.864.419	0,018	46,7	0,97	$4,6 \pm 0,1$

Lab: Mass Spec.Services (USA).

Tabla I.- Edades radiométricas K/Ar

Tabla I.- K/Ar radiometric ages

bando en acantilados de 150-200 m de altura. Entre las cuchillos se han originado valles en U abiertos hacia el mar, donde forman pequeñas bahías (p. ej. las bahías de Fateixa o la de Entre Picos, Fig. 2).

Toda la sucesión de este sector está formada por coladas y piroclastos con inclinación general hacia el mar, que alcanzan un espesor total aflorante de más de 1000 m. La base de la sucesión aflora hacia el interior de la isla. Sin embargo, el contacto con la unidad infrayacente, el «Complejo Basal», queda oculto por las arenas eólicas que ocupan el valle.

Dentro de esta sucesión pueden distinguirse dos unidades. La inferior (*Formación Lazareto*) aflora en la parte baja interior a lo largo de todo el valle, extendiéndose notablemente su zona de afloramiento en el extremo norte hacia el pueblo de Lazareto. Tiene un espesor aproximado de 400 metros, y está constituida esencialmente por coladas pahoehe basálticas, con frecuencia ankaramíticas, con algunos niveles de aglomerados intercalados. Aparece formando pequeños cerros y lomas redondeadas de pendientes suaves y de colores grises, cubierto, parcialmente por coluviones y encostramientos de colores pardos anaranjados (Fotos 1, 2 y 3). Está atravesada por una importante red de diques, destacando la presencia de frecuentes sills subconcordantes que, desde lejos, dan la sensación de una falsa estratificación. Normalmente la formación Lazareto aparece desde los 20-30m de altitud hasta aproximadamente los 200-250m.

La unidad superior es la que corona toda la banda y da lugar a la sucesión de picos antes mencionada. Al ser el pico de Monte Cara el más representativo, la hemos denominado *Formación Monte Cara*. No existe un contacto preciso entre las dos formaciones, pero el paso de una a otra viene dado por un importante cambio de la pendiente, que se hace mucho más acusada en la superior (Fotos 1, 2 y 3). La Formación Monte Cara tiene unos 700 m de espesor y está formada por coladas basálticas de tipo aa, en las que las partes escoriáceas llegan a tener tanto o más espesor que las zonas masivas. La inclinación media de las coladas es de 10°-12° hacia el mar. Al igual que la formación inferior está atravesada por diques subverticales, siendo los sills muy escasos.

*Edad del edificio.* Se han datado con el método K/Ar siete rocas de estas unidades (Tabla I). Las coladas de la formación Lazareto están tan alteradas y llenas de vesículas que no ha sido posible encontrar muestras adecuadas para



Foto 1.- Principales unidades del Edificio Antigo, en el sector oeste de la isla. Vista de la parte externa; al fondo la isla de Santo Antao. La línea amarilla marca la separación entre la formación Lazareto y la formación Monte Cara. En rojo se han marcado los principales diques.

Photo 1.- Main units of the Old Edifice in the western sector of the island. View of the outer side: Santo Antao on the background. The yellow line marks the boundary between the Lazareto Formation and the Monte Cara Formation. The most conspicuous dikes are marked in red colour.



Foto 2.- Principales unidades del Edificio Antigo, en el sector oeste de la isla. Vista de la parte interna. En rojo se han marcado los principales diques.

Photo 2.- Main units of the Old Edifice in the western sector of the island. View of the inner side. The most conspicuous dikes are marked in red colour.

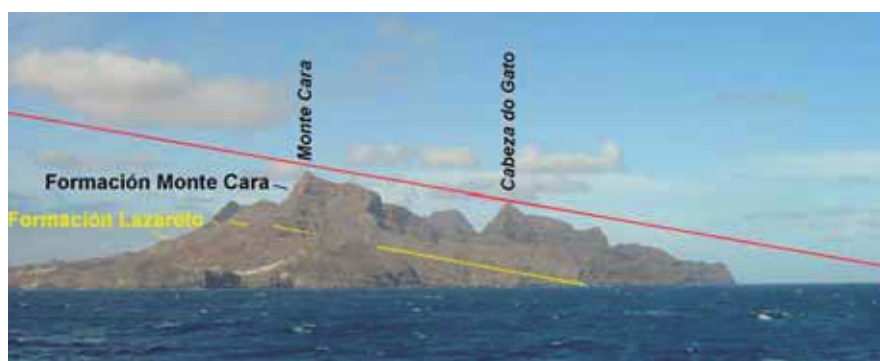


Foto 3.- Vista general del sector oeste de la isla desde el norte. La línea amarilla marca la separación entre la formación Lazareto y la formación Monte Cara. La línea roja permite tener una idea de cuál sería el perfil posible del edificio, a partir de los niveles actuales más altos de la sucesión.

Photo 3.- General view from the north of the western sector of the island. The yellow line marks the boundary between the Lazareto and the Monte Cara Formations. The red line gives an idea of the hypothetical original profile of the edifice

su datación. Tampoco ha sido sencillo encontrar muestras frescas en la formación Monte Cara. No obstante se han podido seleccionar dos rocas (V-1 y V-2) en las que se han obtenido edades de 5,0 y 5,5 Ma respectivamente. Se han datado además cuatro diques que atraviesan la formación Monte Cara (V-4, V-5, V-7 y V-53) obteniéndose edades de 6,1; 5,3; 5,4 y 4,6 Ma. Y, finalmente un sill encajante en la formación Lazareto (V-6) ha proporcionado una edad de 5,0 Ma.

Como puede apreciarse, todas las muestras son de edades muy parecidas, entre los 6,1 y los 4,6 Ma, si bien la mayoría de ellas se concentran en un rango de variación aún más restringido, 5,0 a 5,5 Ma. La edad de 6,1 Ma debe ser considerada con reservas, pues atraviesa a coladas cuya edad ha resultado más joven. La similitud de edad entre coladas y diques confirma que éstos fueron los conductos de alimentación de esas coladas.

La edad  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  de  $5,68 \pm 0,22$  Ma, obtenida por Jørgensen y Holm (2002), en niveles altos de la sucesión en el sector sureste de la isla, es análoga a las obtenidas por nosotros y confirma que las unidades que acabamos de describir se corresponden con las de otras zonas.

*Los sistemas filonianos.* Los sills aparecen esencialmente en la formación Lazareto en donde llegan a ser muy frecuentes (uno cada 4-5 m de espesor de coladas). Son siempre basálticos, habitualmente tienen disyunción columnar y espesores entre 0,2 y 1 m. Intruyen en coladas pahoehoe con estratificación mal definida, con frecuencia se cortan entre sí y forman un entramado de diques subhorizontales buzando de  $10^\circ$  a  $35^\circ$  hacia el mar.

Los diques más frecuentes son subverticales y cortan a las dos formaciones. Tienen espesores que varían entre pocos centímetros y algo menos de dos metros, con un espesor medio de 85 cm (120 medidas). En todos los puntos se observan dos familias de diques ver-

tales que se cortan y cuyas direcciones forman un ángulo de unos  $20^\circ$ .

Se han medido sistemáticamente las direcciones de los diques en cinco estaciones, una cada 800-1000 m (Fig. 3). En general, en todas las estaciones se observa la bimodalidad mencionada; además se aprecia que, a grandes rasgos, las direcciones son perpendiculares a la inclinación de la serie y que la dirección de ambas familias disminuye de Norte a Sur. Aunque el área estudiada no abarca a todo el edificio, estas pautas apuntan a que se trata de sistemas de diques radiales que convergen hacia el interior de la isla, donde se situaría la parte central del edificio volcánico (Fig. 3). Las dos familias de diques radiales indican que posiblemente el edificio debió de ser más complejo y que la posición del centro pudo variar a lo largo del tiempo.

*Reconstrucción del edificio.* A partir de los datos anteriores podemos deducir algunas de las características del Edificio Antiguo. Se trataría de un edificio central que, dada la abundancia de coladas pahoehoe y ausencia de piroclastos debió de ser en un primer momento (formación Lazareto) un volcán en escudo. En un segundo momento (formación Monte Cara) las coladas comenzaron a ser más viscosas, con escorias y piroclastos basálticos y la pendiente del edificio se hizo más acusada, pudiendo ser considerado, como decía Bebiano (1932), como un estratovolcán. El centro de este edificio estaría situado en el interior de la actual isla y no en la bahía de Mindelo, como han supuesto otros autores.

Si con las inclinaciones medias de las coladas prolongamos hacia el mar las zonas más altas de la sucesión (Foto 3) vemos que la superficie que ocupaba el Edificio Antiguo, en su zona occidental, era bastante mayor que la de la actual isla y que la línea de costa debió estar entre uno y dos kilómetros mar adentro con respecto a la actual. De la misma manera, si prolongamos hacia el interior, hasta el punto de convergencia

de los diques esas zonas más altas, con la misma pendiente, podemos calcular que el edificio pudo llegar a tener entre 1600 y 2000 m de altura. Esta altura pudo ser superior, si consideramos que las unidades estratigráficas más altas que hoy observamos están atravesadas por numerosos diques (Fotos 1 y 2) y esto implica que tuvo que haber por encima un espesor de rocas de cierta entidad. El radio estimado del edificio, según esto, sería de unos 8 a 10 km.

Con esa geometría, los otros dos afloramientos de los sectores sur y este de la isla podrían formar parte de ese mismo edificio, pero es necesario estudiar con más detalle ambos sectores para lograr una reconstrucción más precisa del mismo.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con los Proyectos BTE2003-02153, CGL2004-02175, PR27/05-13868-BSCH y CGL2005-24183E, y forma parte de las actividades del Grupo de Investigación UCM-CAM 910469: «Vulcanismo».

### Referencias:

- Bebiano, J. (1932). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 18, 276 pp.
- Dash, B.P., Ball, M.M., King, G.A., Butler, L.W., Rona, P.A. (1976). *Journal of Geophysical Research*, 81, 5249-5259.
- Jørgensen, J.O. y Holm, P.M. (2002), *Chemical Geology*, 192, 249-267.
- Huertas, M. J., Ancochea, E., Brändle, J. L. y Hernán, F. (2006). En: *V Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. (Sevilla). Abstract.
- Serralleiro, A. (1966). *García de Orta. Revista da Junta de Investigações do Ultramar*, 14, 139-152.
- Serralleiro, A. (1976). *A geologia da ilha de Santiago*. Tesis Doctoral, Univ. de Lisboa, 218 pp.