

## **EXCURSIÓN INTRA-CONGRESO Nº 4**

# **Vulcanismo Holoceno: Bandama y su entorno**

A. Hansen<sup>1</sup>, A. Rodríguez González<sup>2</sup> y F.J. Pérez Torrado<sup>2</sup>

1 Departamento de Geografía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 35003-Las Palmas de Gran Canaria. *ahansen@dgeo.ulpgc.es*

2 Departamento de Física (Geología), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 35017-Las Palmas de Gran Canaria. *alerglez@gmail.com; fperez@dfis.ulpgc.es*

### **ÍNDICE**

Introducción: el vulcanismo holoceno de Gran Canaria.....	90
Descripción general del conjunto volcánico de Bandama.....	91
Itinerario .....	98
Parada 1. El Pico de Bandama .....	99
Parada 2. Estratigrafía del borde oriental de La Caldera de Bandama .....	100
Parada 3. Los depósitos de La Cueva de Los Canarios .....	101
Parada 4. Los depósitos del Lomo del Seminario .....	102
Parada 5. Los depósitos del Valle de San Roque .....	103
Agradecimientos .....	103

## Introducción: el vulcanismo holoceno de Gran Canaria

El vulcanismo holoceno en Gran Canaria comprende una serie de conos estrombolianos y calderas freatomagmáticas aparentemente alineados en dirección NO-SE, desde los que surgen coladas de lavas que son inmediatamente canalizadas a fondo de barranco, siendo esta característica geomorfológica el hecho diferencial que permite separar al vulcanismo holoceno de todo el vulcanismo precedente (>20 ka). El recorrido de las lavas oscila de 1 a 10 km, y solo en las erupciones de menor envergadura se originaron lavas de corto recorrido incapaces de inundar los cauces de los barrancos. Estos edificios volcánicos holocenos se localizan en la mitad septentrional de la isla, distribuidos en tres áreas principales (Fig. 1).

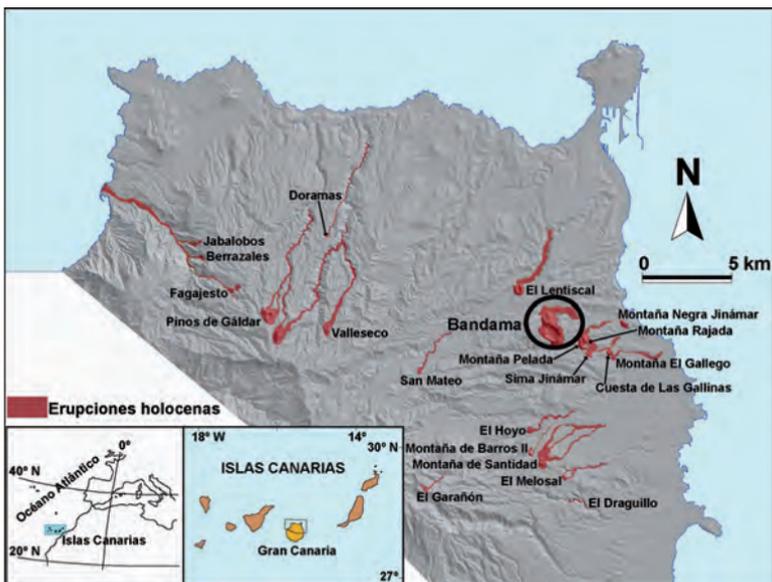


Figura 1. Mapa del vulcanismo holoceno de Gran Canaria, señalando la posición del conjunto volcánico de Bandama.

La Caldera y el Pico de Bandama se ubican en el centro de la alineación NE de la isla, conformada por tres conjuntos volcánicos. En el extremo NO, se encuentra el cono de la Caldereta del Lentiscal, mientras que en el extremo SE, se localiza el conjunto volcánico de Jinámar.

## Descripción general del conjunto volcánico de Bandama

El conjunto volcánico de Bandama constituye por su volumen, dualidad morfológica, modalidad eruptiva y depósitos asociados, el edificio volcánico más destacado del vulcanismo holoceno de Gran Canaria. A pesar de ello, apenas se cuenta con estudios de detalle. Así, las primeras referencias bibliográficas se limitan a destacar La Caldera como estructura volcánica sobresaliente y especular con su posible génesis (e.g., González y Gutiérrez-Palacios, 1910; Macau, 1959; Hausen, 1960; Benítez Padilla, 1963; Schmincke *et al.*, 1974). Posteriormente, a partir de la observación de los depósitos piroclásticos, se determinan de forma cualitativa los mecanismos eruptivos y la secuencia evolutiva de la erupción (Hansen, 1987; Araña *et al.*, 1988). Recientemente se ha llevado a cabo un estudio integral del conjunto, con análisis geomorfológicos, estratigráficos, sedimentológicos, paleotopográficos y geocronológicos, que ha permitido una mejor caracterización de este episodio volcánico y la cuantificación de los mecanismos involucrados (Hansen *et al.*, 2008).

El Pico de Bandama, con cota máxima de 575 m, constituye el accidente topográfico más destacado de las medianías bajas y la mejor atalaya paisajística del cuadrante nordeste de Gran Canaria (Hansen, 1992). El “Pico” posee morfología cónica y está construido por lapillis y escorias volcánicas que se acumularon alrededor de una boca eruptiva. Su base casi circular, 892 m x 875 m de diámetros NO-SE y NE-SO respectivamente, se asienta inclinada, apoyándose sobre una antigua ladera cuya pendiente cae hasta el fondo del valle de Los Hoyos. La altura máxima del cono es de unos 275 m hasta alcanzar la cota de 575 m. Este edificio posee un cráter en forma de herradura simétrica abierto hacia el NO (Fig. 2).



Figura 2. El Pico y La Caldera de Bandama vistos desde el Norte. Imagen generada a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) al que se superpuso la ortofoto 1996 de GRAFCAN (elaboración, A. Martín y A. Hansen).

Adosada al Pico de Bandama por su vertiente meridional, se encuentra la Caldera de Bandama. De planta ligeramente elíptica, su diámetro NO-SE máximo es de 927 m y su ortogonal, de 866 m. El desnivel de la pared oeste es de 269 m entre el fondo de La Caldera (a cota 219 m) y el Campo de Golf (a cota 488 m). Por el norte, la pared de la caldera se alza hasta la cima del Pico originando el mayor desnivel, 357 m. La curva de nivel de 400 m cierra el borde perimetral de la depresión, a excepción de las degolladas de la Cañada del Perro al Este, 386 m, y de la Cañada de La Mina al SO, 389 m. El perímetro de La Caldera medido en su borde superior alcanza los 3 km.

Aunque la química de los materiales de Bandama corresponde con magmas basaníticos y éstos con erupciones de lavas fluidas y explosiones de baja intensidad, los caracteres de varios depósitos piroclásticos originados durante la erupción, indican una interacción eficaz del magma con agua subterránea. Este contacto con aguas freáticas aumentó la capacidad explosiva de la erupción, que pasó de tener modalidad estromboliana a convertirse en freatomagmática.

### **Depósitos magmáticos**

Tanto los materiales piroclásticos como los lávicos de este volcán presentan una composición basanítica ( $\text{SiO}_2$ : 41,8% y  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : 3,8%). Unos y otros muestran abundancia de fenocristales de olivino y, en menor medida, microcristales de espinela y magnetita. Asociados a los depósitos piroclásticos de caída aparecen diferentes tipos de xenolitos, desde duníticos hasta otros de color blanquecino y aspecto sedimentario, todos ellos arrastrados por el magma ascendente (González *et al.*, 1994).

El volumen del cono se ha calculado en 58.000.000 m<sup>3</sup>. El volumen de lavas evacuado desde el cráter y la base nororiental del Pico es de 9.375.000 m<sup>3</sup>. El manto piroclástico que se extiende alrededor del Pico con una potencia desigual, supone un volumen bruto aproximado de 100.000.000 m<sup>3</sup>. Al norte del Pico es difícil diferenciar los depósitos piroclásticos de caída de este volcán de los procedentes de la Caldereta del Lentiscal, cuya erupción fue temporalmente cercana, aunque anterior a Bandama.

### **Depósitos freatomagmáticos proximales**

Ocupando el borde superior de todo el perímetro de la Caldera, con potencias de 30-50 m, se encuentra un depósito anular que constituye los restos del denominado cono pre-caldera (Fig. 3). Este anillo presenta diferentes facies estratigráficas, pero a grosso modo, se sintetizan en dos localizadas en el borde oriental de La Caldera y en la cuenca de Los Canarios, situada bajo el SE del Pico.



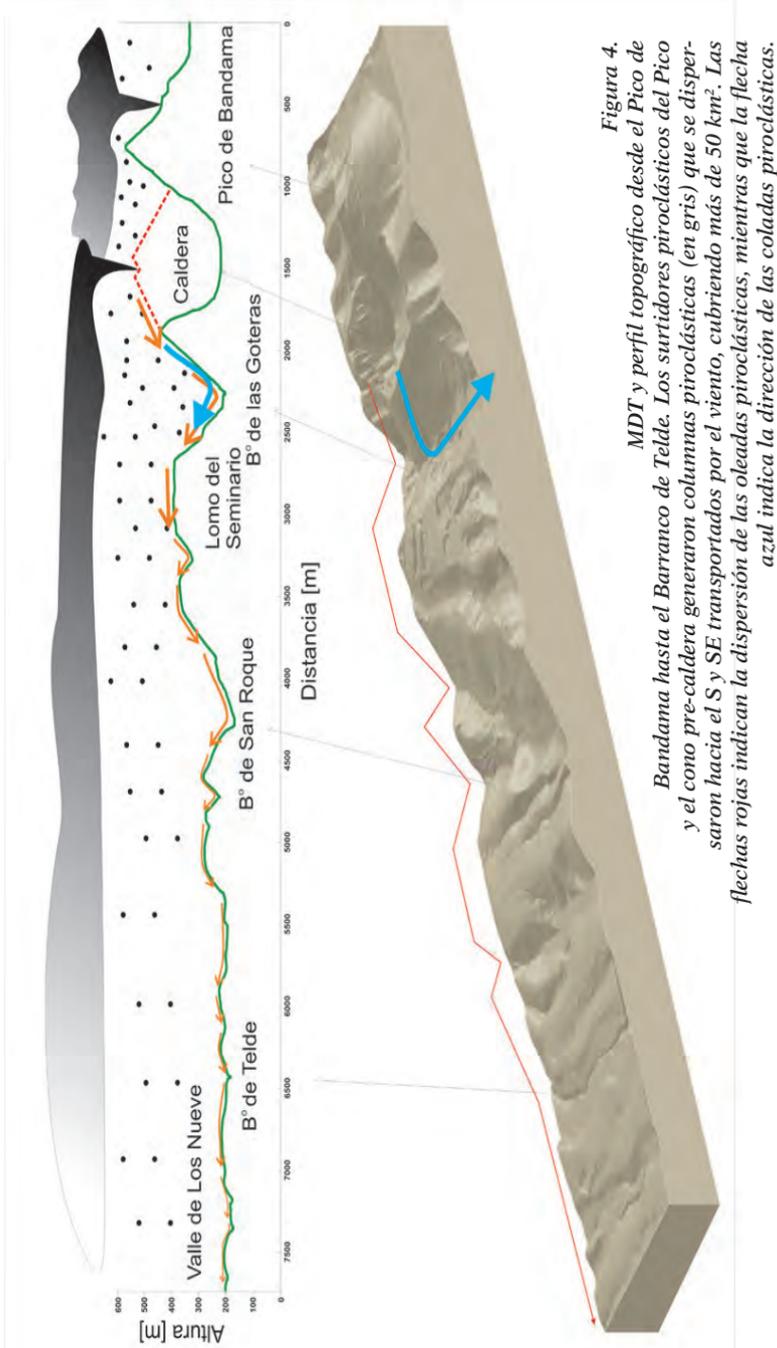
Figura 3. Perfil topográfico NO-SE del Pico y la Caldera de Bandama (línea negra), mostrando el perfil calculado para el paleorelieve (línea verde) y el perfil deducido para el cono pre-caldera (elaboración A. Hansen y A. Martín).

En el borde oriental la columna estratigráfica comienza con una lava basanítica de unos 5 m de potencia y muy escaso recorrido. Sobre ella son predominantes las capas de piroclastos proximales de caída, de varios metros de potencia, con escorias soldadas y alguna bomba según las áreas. A continuación se encuentran numerosas capas piroclásticas de diferente origen: oleadas piroclásticas, algunas coladas piroclásticas y abundantes brechas de explosión. Estas últimas contienen gran cantidad de fragmentos líticos de diversos tamaños (lapilli hasta bloques) envueltos en una matriz piroclástica porcentualmente poco abundante. En las coladas y oleadas piroclásticas se observan estructuras de deformación plástica, lo que da idea de una importante interacción agua-magma.

En lo que respecta a la cuenca de Los Canarios, el afloramiento posee una morfología de triángulo invertido, con una potencia de algo más de 50 m y un desarrollo horizontal de más de 260 m. Está compuesto por una sucesión de coladas y oleadas piroclásticas húmedas, entre las que se intercalan piroclastos de caída, escorias y bombas volcánicas. La matriz presenta granulometría desde cenizas gruesas a cenizas finas y el típico color beig-amarillento de los materiales hidromagmáticos. En la mayoría de las capas se observan numerosas estructuras de orden interno tales como laminaciones cruzadas, curvas, planares, etc. Estas estructuras ponen de manifiesto la actuación de flujos piroclásticos altamente turbulentos y con gran carga de vapor de agua (Araña *et al.*, 1988). Los caracteres morfológicos más sobresalientes son ondulaciones, engrosamiento de los mantos, canales en «V» incididos como resultado de la erosión producida al desplazarse un flujo sobre otro y huellas de impacto. Este depósito, tan proximal y cercano a la boca de emisión, no se corresponde con las primeras fases de la erupción, sino que, avanzada la primera parte de ésta con mecanismos puramente estrombolianos, tuvo lugar, en el subsuelo bajo el edificio pre-caldera, la interacción eficaz del magma con el agua freática. El volumen de este cono pre-caldera se ha calculado reconstruyendo la topografía del relieve previo, resultando una cifra de 42.000.000 m<sup>3</sup>, inferior al volumen del Pico, probablemente, porque las fuertes explosiones freatomagmáticas impidieron su normal desarrollo (ver figura 3).

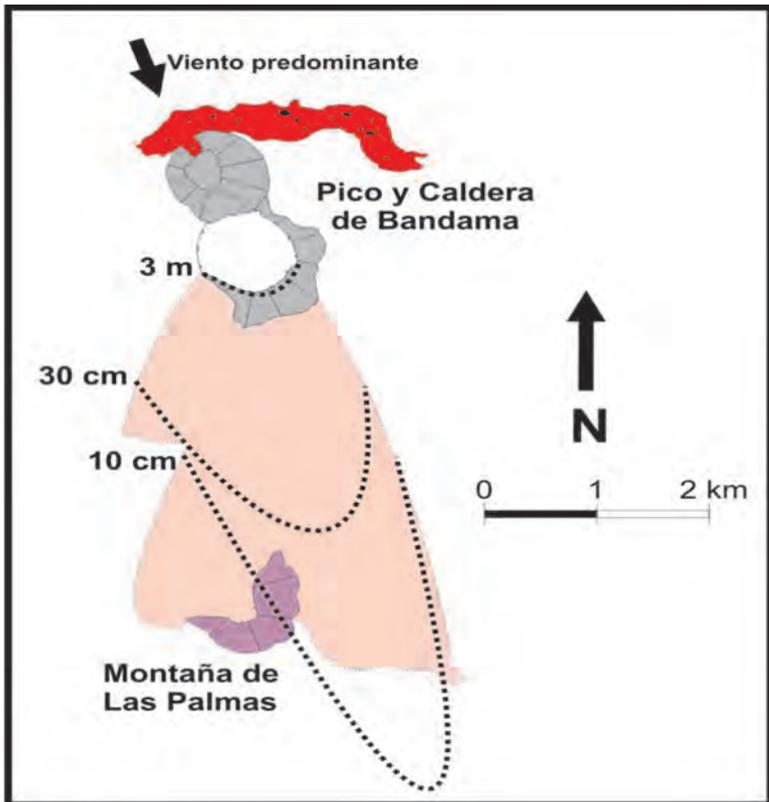
## Los depósitos distales

En consonancia con la energía liberada por los dos focos emisores y con el viento dominante del NNO, durante la erupción se formaron depósitos piroclásticos distales a las bocas de emisión. Tres mecanismos eruptivos y de transporte son los responsables de la formación de estos depósitos: la actividad de un surtidor o chorro piroclástico que generó lluvias de piroclastos (los depósitos de caída); los flujos piroclásticos originados por los colapsos del chorro eruptivo, y las oleadas piroclásticas en los pulsos freatomagmáticos (Fig. 4).



Todos estos materiales piroclásticos presentan una distribución a modo de abanico con vértice en el centro de La Caldera y base en el Barranco de San Miguel de Telde (Fig.5). El eje longitudinal de este triángulo alcanza los 4,5 km, mientras que su base es de 2,5 km. El área cubierta calculada es de 10,8 km<sup>2</sup>, mientras que su volumen es de 30.937.500 m<sup>3</sup>. También en los fondos de barrancos se conformaron depósitos epiclásticos relacionados con los mecanismos de esta erupción.

Estratigráficamente, los flujos y las oleadas piroclásticas se encuentran intercalados entre los depósitos piroclásticos de caída, los cuales muestran una mayor área de dispersión. Unos y otros ven disminuidos los espesores de sus capas, así como el tamaño de sus fragmentos piroclásticos, según se van alejando de los focos emisores. Internamente presentan una amplia variedad de estructuras, desde laminaciones cruzadas planares, curvas, canales de erosión y relleno, moldes vegetales tumbados en la dirección del flujo, etc. Asimismo, algunos de estos depósitos muestran un alto grado de endurecimiento, fruto de la cementación mediante arcillas y zeolitas, característica típica de flujos piroclásticos “húmedos”, es decir, con una alta concentración de vapor de agua.



*Figura 5. Mapa de isopacas de un nivel guía, considerado el primer depósito piroclástico de caída surgido de la erupción del cono pre-caldera. Obsérvese la disminución de la potencia con la distancia a los centros emisores y la elongación de las isopacas en el sentido SE.*

La determinación de los índices de dispersión (a partir del área encerrada por una determinada isopaca del nivel guía) y fragmentación (mediante análisis granulométricos de los piroclastos de ese mismo nivel guía) han puesto de manifiesto que algunos de los pulsos eruptivos de Bandama desarrollaron mecanismos “subplinianos”, es decir, de alta explosividad. Esto otorga a este complejo volcánico el papel más explosivo en la historia geológica del holoceno de la isla (Fig. 6).

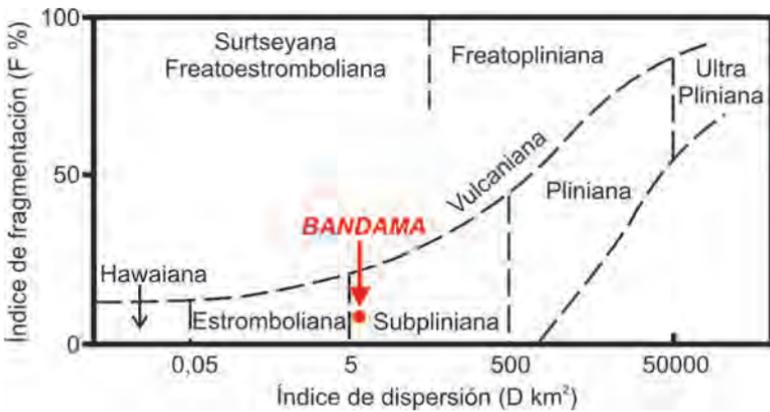


Figura 6. Clasificación de la erupción de Bandama en un diagrama D-F. Nótese que la erupción cae dentro de la categoría “subpliniana”.

Calculadas las potencias de todos los depósitos analizados, así como la de cada una de las capas que los constituyen, se ha obtenido un porcentaje total para los piroclastos de caída de un 83,73%, un 12,42% para las oleadas piroclásticas y un 3,35% para las coladas piroclásticas. De todos ellos, se estima que corresponden a líticos (es decir, fragmentos de roca arrancados del sustrato durante las erupciones) un 19,25%. Combinando los datos volumétricos de la Tabla I y los porcentajes obtenidos en los análisis granulométricos, se obtiene un valor de unos 14.040.470 m<sup>3</sup> como volumen total de roca del sustrato desalojada en los pulsos eruptivos del cono pre-caldera (valor que surge de aplicarle el 19,25% que representan los líticos, al volumen total de los materiales surgidos de este edificio pre-caldera, que es de 72.937.500 m<sup>3</sup>). El volumen obtenido, 14.040.470 m<sup>3</sup>, resulta muy inferior al volumen mínimo de sustrato ausente en La Caldera, que es de 45.000.000 m<sup>3</sup>.

EDIFICIO NORTE (PICO)	cono	58.000.000
	manto piroclástico	100.000.000
	colada de lavas	9.375.000
	<i>Volumen total materiales</i>	<i>167.375.000</i>
EDIFICIO SUR (PRE-CALDERA)	cono	42.000.000
	abanico mantos distales	30.937.500
	<i>Volumen total materiales</i>	<i>72.937.500</i>
<i>Volumen total de materiales ambos edificios</i>		<i>240.312.500</i>
Volumen mínimo sustrato ausente en La Caldera		45.000.000

Tabla I. Cálculos volumétricos (en m<sup>3</sup>) para los distintos edificios volcánicos y unidades morfológicas del complejo volcánico de Bandama.

En consecuencia, la formación de La Caldera no puede atribuirse exclusivamente al desalojo de sustrato en las erupciones explosivas y hay que buscar la intervención de otro proceso geológico. Datos de sondeos realizados en el fondo de La Caldera, muestran que durante los primeros 150 metros solo se perforó material de aspecto brechoide, no alcanzándose las rocas del sustrato. Este dato apunta a un colapso vertical del edificio pre-caldera, junto al sustrato que lo sustentaba, como mecanismo, en última instancia, generador de La Caldera de Bandama. Bajo esta perspectiva, los bordes rocosos del interior de La Caldera deben ser interpretados como labios de falla por los que se deslizó el bloque hundido.

## Cronología de la erupción

Recientemente, se han datado fragmentos de carbón encontrados bajo los piroclastos proximales al norte del Pico de Bandama (Tabla II). Sometidos al método radioactivo de <sup>14</sup>C, han proporcionado una edad de 1.970±70 años antes del presente.

Esta datación convierte a este volcán en el más joven de Gran Canaria, al tiempo que constata su carácter prehistórico y confirma una anotación realizada por D. Simón Benítez Padilla a raíz de un hallazgo de un molino aborigen sepultado bajo el lapilli de Bandama: “...al quedar anegado por la intensa lluvia de lapillis de la fase final de la erupción de la Caldera de Bandama, patentizaba que ésta fue de época histórica aunque de fecha desconocida. El hombre indígena, con género de vida prehistórica, que entonces habitaba la isla de Gran Canaria, fue testigo y quizás víctima de esta catástrofe...” (Benítez Padilla, 1963).

Edad radiocarbono ( <sup>14</sup> C)	1970 ± 70 años antes del presente
Calibración histórica	47 AC - 123 AD

Tabla II. Cronología del volcán de Bandama. Datación realizada en Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CNRS, Gif sur Yvette.

## Itinerario

La excursión se centrará en el conjunto volcánico de Bandama que, como ha quedado de manifiesto en los apartados anteriores, constituye la erupción más compleja y significativa del holoceno de Gran Canaria. Para ello se tomará el autobús hasta Salida desde Las Palmas de Gran Canaria por la carretera general del centro hasta el Volcán de Bandama. Primeramente se subirá en autobús, a través de la carretera del centro, hasta el Pico de Bandama, donde se efectuarán observaciones estructurales y paisajísticas. A continuación, un recorrido a pie por el borde de La Caldera y cuevas de Los Canarias, para observaciones detalladas de los contactos con el sustrato y de los diferentes depósitos piroclásticos proximales. Finalmente, se retomará el autobús para tomar la carretera de La Atalaya a Telde, en la que se efectuarán varias paradas para la observación de los depósitos distales (Fig. 7).

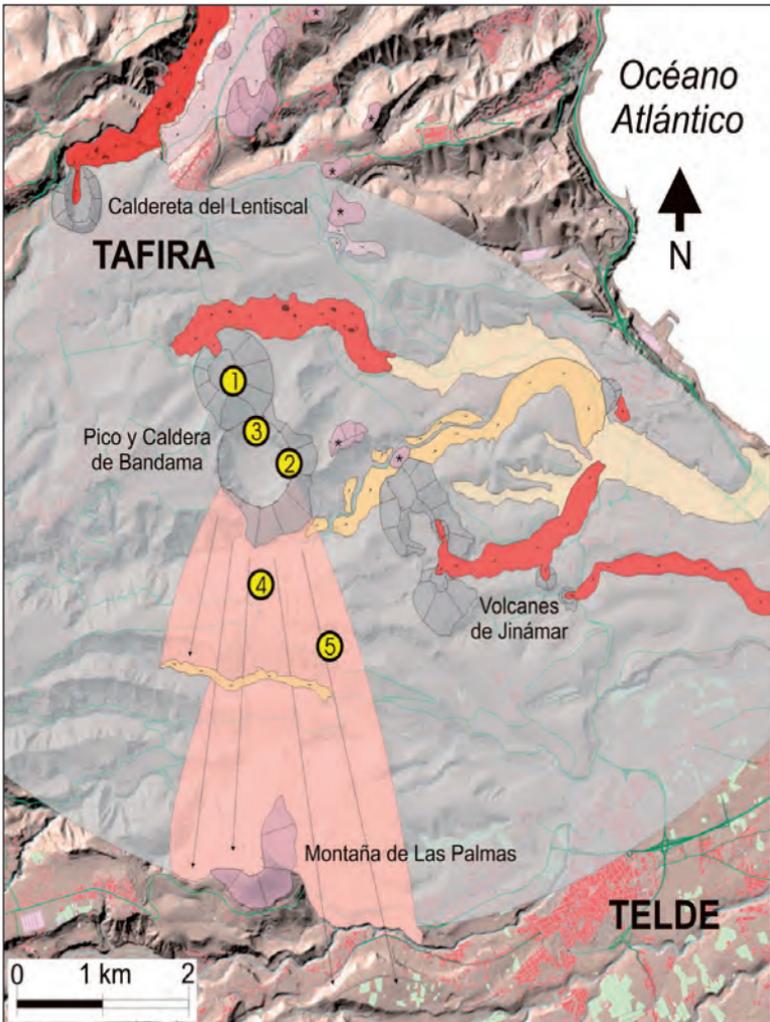


Figura 7. Mapa de los conjuntos volcánicos de la Caldereta del Lentiscal; Bandama y Jinámar. Los números en círculos amarillos representan las paradas a realizar durante la excursión.

## Parada 1

### *El Pico de Bandama*

Visión 360° del área NE de Gran Canaria, con especial atención a los volcanes del conjunto Caldereta del Lentiscal-Bandama-Jinámar. Análisis de los materiales piroclásticos proximales. La mejor hora para tomar una fotografía de La Caldera desde el Pico de Bandama es por la tarde (Fig. 8).



*Figura 8. Vista general de la Caldera desde el mirador de el Pico (Foto Claudio Moreno)*

## Parada 2

### *Estratigrafía del borde Oriental de la Caldera de Bandama.*

Camino a pie hasta el borde oriental de La Caldera. Análisis de la estratigrafía de los materiales magmáticos y freatomagmáticos del Pico y del borde oriental de la Caldera. Regreso por el mismo camino hasta el Caserío de Bandama. Dificultad de la ruta: media (Fig. 9).



*Figura 9. Depósitos de oleadas piroclásticas y brechas de explosión en el borde oriental de La Caldera de Bandama.*

### Parada 3

#### *Los depósitos de La Cueva de Los Canarios*

Camino a pie desde el caserío de Bandama hasta la Cueva de Los Canarios (Fig. 10). Análisis y caracterización de la estratigrafía. Almuerzo de pic-nic y posterior regreso al Caserío.



*Figura 10. Vista general de los depósitos piroclásticos de La Cueva de Los Canarios.*

## Parada 4

### *Los depósitos del Lomo del Seminario*

Ruta en BUS hasta los depósitos piroclásticos del Lomo del Seminario situados a 1 km al sur del centro geométrico de la caldera actual. Análisis y caracterización de la estratigrafía en la que destaca la alternancia entre depósitos de caída y de oleadas piroclásticas, así como la ausencia de los depósitos de coladas piroclásticas (Fig. 11). Como se indica en la figura 4, las coladas piroclásticas, más densas, no fueron capaces de remontar obstáculos topográficos y fueron inmediatamente canalizadas a través del Barranco de Las Goteras. En cambio, las oleadas piroclásticas (con relación gas/partículas mayor) si fueron capaces de remontar hasta 3 valles.



*Figura 11. Vista general de la secuencia estratigráfica observada en el Lomo del Seminario, en una antigua cantera de extracción de áridos.*

## Parada 5

### *Los depósitos del Valle de San Roque*

Ruta en BUS hasta los depósitos piroclásticos distales que se observan en varios puntos de la trinchera de la carretera. De nuevo, como en la anterior parada, la secuencia estratigráfica está compuesta exclusivamente por una alternancia de depósitos de caída y oleadas, destacando la progresiva disminución de sus potencias y del tamaño de sus partículas (Fig. 12).



*Figura 12. Costras de oleadas piroclásticas tapizando las laderas de el Valle de San Roque (Foto Claudio Moreno)*

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos PI2002/148 del Gobierno de Canarias y GRANCA (Ref. CGL2004-04039/BTE) de la CICYT.