

# Estratigrafía y petrología de los depósitos de "Azulejos" del borde de la Caldera de Tejeda (Gran Canaria, Islas Canarias)

F.J. Pérez Torrado, M.C. Cabrera, A. Antón y F. Muñoz

Dpto. Física-Geología, Facultad de Ciencias del Mar, ULPGC, 35080 Las Palmas de Gran Canaria. fperez@dfis.ulpgc.es, mcabrera@dfis.ulpgc.es

## ABSTRACT

*Hydrothermal alteration deposits (locally called "Azulejos") located in the eastern rim of the Tejeda Caldera (Gran Canaria, Canary Islands) have been studied from the stratigraphical and petrological points of view. The green, blue, yellow and red altered deposits are ignimbrites and surges belonging to the Trachytic-Riolitic Formation. There are, at least, four different levels of "Azulejos", separated by non-altered welded ignimbrites. The spatial distribution of these levels indicates a temporal southward migration of the hydrothermal activity along the caldera rim and a genetic relationship with this caldera. The mineral arrangement of the altered deposits is composed of zeolites (analcime, clinoptilolite, phillipsite, heulandite and erionite), quartz, feldspars, clay minerals (smectites and illites), clorites, carbonates and halite. The stratigraphic correspondence between "Azulejos" and the Tejeda Caldera, together with the mineral arrangement of the altered deposits, points to the existence of convective hydrothermal cells (working in open systems in which meteoric water was heated) confined to the inner part of the Caldera.*

**Key words:** "Azulejos", hydrothermal alteration, Tejeda Caldera, Miocene, Gran Canaria (Canary Islands).

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento subaéreo de Gran Canaria, de forma análoga al de otras islas volcánicas de punto caliente, puede dividirse en tres principales estadios: juvenil, de inactividad volcánica y de rejuvenecimiento (*shield*, *erosive* y *post-erosive stage* en la nomenclatura anglosajona). Durante el estadio juvenil, que tuvo lugar en el Mioceno (14,5-8 Ma), se construyó un gran edificio basáltico en escudo, en cuyas áreas centrales se generó una caldera de colapso (la Caldera de Tejeda, »14 Ma). La actividad volcánica posterior se caracterizó por la emisión de grandes volúmenes de materiales diferenciados (riolitas peralcalinas, traquitas y fonolitas), fundamentalmente desde los márgenes de la caldera y mediante mecanismos eruptivos muy explosivos. Estos materiales se distribuyeron tanto en el exterior como en el interior de la caldera, en secuencias estratigráficas independientes entre sí hasta que la misma quedó finalmente colmatada (»12 Ma).

La Caldera de Tejeda constituye el rasgo tecto-volcánico más importante de Gran Canaria. Presenta una morfología elíptica en planta, con dimensiones de unos 20 km en su eje mayor (NO-SE) y 17 km en su eje menor (NE-SO), y un salto total que se estima en unos 1.000 m. En la actualidad solo es observable su borde occidental a lo largo de unos 30 km, en los que es común la presencia de unos depósitos piroclásticos de llamativos colores (amarillos, verde-azulados y rojizos) localmente denominados como "Azulejos"

(Fig. 1). A pesar de lo llamativo de estos depósitos, los trabajos previos se han limitado a citarlos como productos de alteración hidrotermal (p.ej. Schmincke, 1967 y 1993; Hernán, 1976; Clark y Spera, 1990; Balcells *et al.*, 1992). Solamente García del Cura *et al.* (1999) estudian en detalle la paragénesis mineral de alteración, concluyendo que fueron posiblemente celdas convectivas de aguas moderadamente calientes las causantes de la misma.

El presente trabajo aporta nuevos datos estratigráficos y petrológicos que permiten el desarrollo de un modelo evolutivo para la formación de los "Azulejos".

## ESTRATIGRAFÍA

Según Clark y Spera (1990), la alteración hidrotermal de los "Azulejos" afecta a los depósitos piroclásticos intracaldéricos más antiguos, correlacionables con depósitos de la Formación Traquítico-Riolítica (Fm. Mogán en la nomenclatura de Schmincke, 1993) del dominio extracaldérico y, por tanto, de edades comprendidas entre los 14 a 13,5 Ma. Tanto estos autores como Schmincke (1993) y Balcells *et al.* (1992), indican que los "Azulejos" se disponen siempre sobre el contacto de falla que los separa de los basaltos en escudo.

Sin embargo, el levantamiento de numerosas columnas estratigráficas a lo largo de todos los sectores donde afloran estos materiales ha permitido la confección de un panel de correlación en donde destaca la existencia de al menos 4



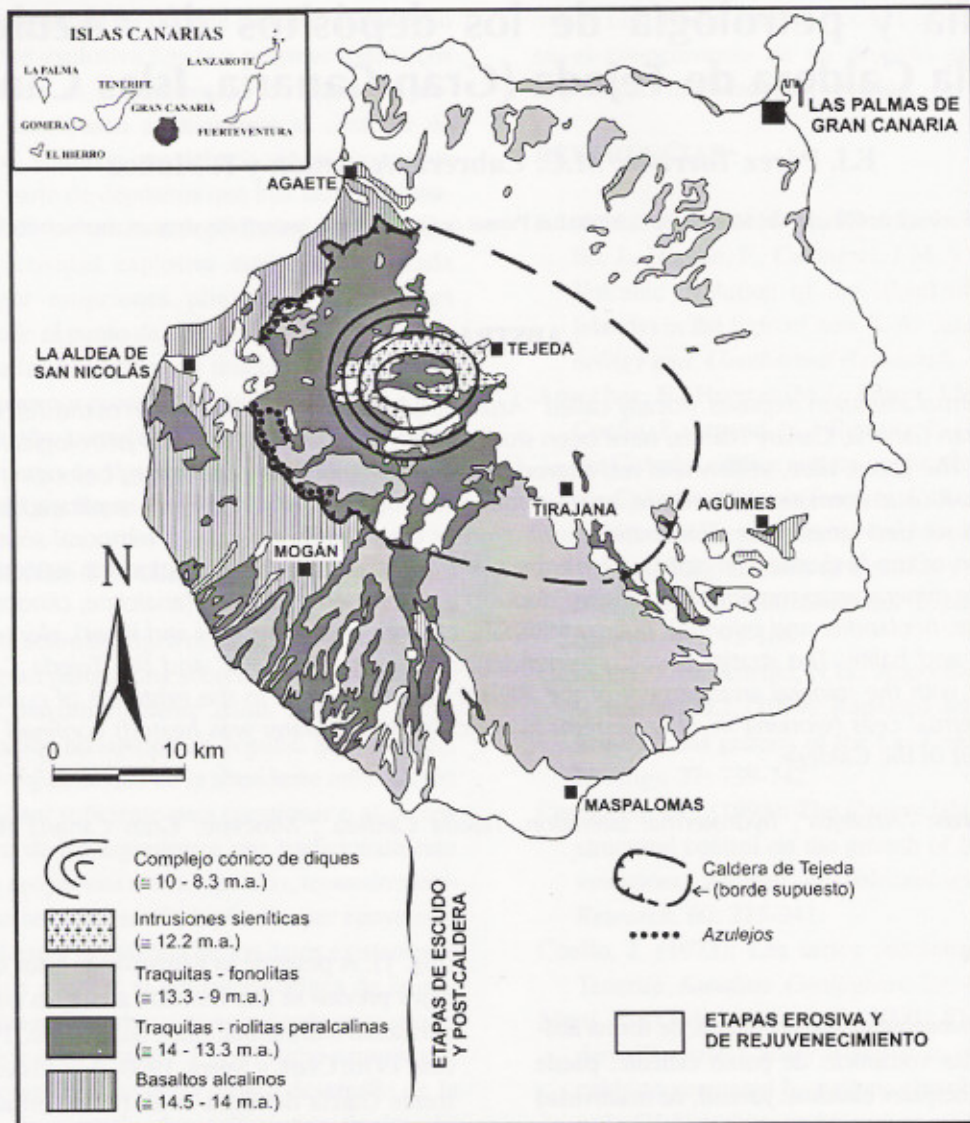


FIGURA 1. Mapa geológico simplificado de Gran Canaria (modificado de IGME, 1992) con indicación de la localización de los depósitos de "Azulejos".

niveles de "Azulejos" diferentes, separados entre sí por depósitos piroclásticos no alterados (Fig. 2). Cada uno de estos niveles incluye un número variable de capas piroclásticas, observándose igualmente cómo los mismos van solapándose lateralmente hacia los sectores más septentrionales de la caldera.

Dentro de un mismo nivel, pueden variar lateralmente tanto el número como la naturaleza de los depósitos piroclásticos afectados. Así, por ejemplo, mientras que en las columnas de Montaña de Tirma (TIR) y Fuente Blanca-I (FB-1) el nivel de "Azulejos-1" afecta a depósitos fundamentalmente de tipo oleadas piroclásticas (*surges*), en las de Castañeta (CAS) y Lomo Arrastradero (LA), son fundamentalmente de tipo ignimbrítico (Fig. 2).

Otro aspecto a destacar es la progresiva variación de color (grado de alteración) que se observan en los diferentes niveles en relación a la posición geométrica que ocupan res-

pecto al borde original de la caldera. Así, en las proximidades al borde muestran siempre colores de alteración marcados, mientras que según se alejan de la misma la coloración de alteración va disminuyendo progresivamente, llegando incluso a desaparecer. Asimismo, la alteración se ciñe estrictamente a los depósitos piroclásticos sálicos en posición intracaldérica, sin que afecte a los basaltos en escudo que se encuentran en contacto con el borde de la caldera en posición extracaldérica.

## PETROGRAFÍA

Los materiales afectados por la alteración son siempre depósitos piroclásticos de tipo toba cinerítica a lapílica. Las estructuras y texturas observables permiten clasificarlos como depósitos ignimbríticos, siendo menos frecuente los de tipo *surges*.



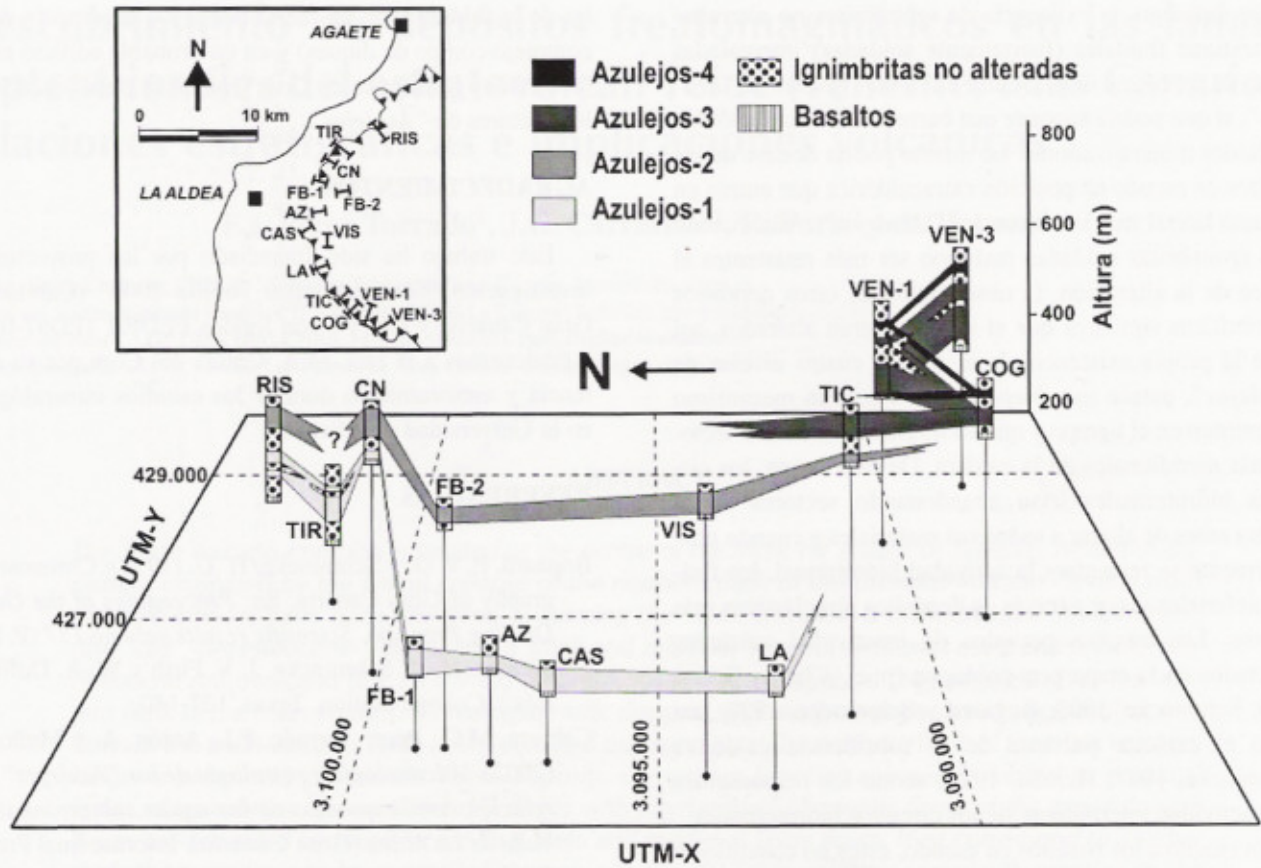


FIGURA 2. Panel de correlación estratigráfica de los diferentes niveles de "Azulejos" observados.

Bajo el microscopio petrográfico, los depósitos ignimbríticos muestran texturas micro a criptocristalina, normalmente con evidencias de una amplia desvitrificación, y en menor ocasión fluidal (eutaxítica). Los fragmentos líticos (traquíticos) son siempre muy escasos y de pequeños tamaños. La proporción de cristales varía más ampliamente, tratándose de anortoclasas, anfíboles, opacos y, más raramente, clinopiroxenos. Los *surges* muestran una mayor gama de texturas y componentes, destacando en algunos de ellos la presencia de lapillis acrecionales.

Al microscopio electrónico se estudiaron fundamentalmente las asociaciones minerales existentes en el interior de las vacuolas, la mayoría de ellas con morfologías tabulares y dimensiones entre 20 a 200 mm. Si bien es común la existencia de dos o tres generaciones superpuestas de minerales creciendo en el interior de estas vacuolas, no parece existir una pauta regular en el orden de las mismas. Tampoco se observan paragénesis distintivas para cada uno de los diferentes niveles de "Azulejos". Los minerales identificados son prácticamente los mismos descritos en García del Cura *et al.* (1999): zeolitas (analcima, clinoptilolita, filipsita, heulandita y erionita), cuarzo, feldespatos, arcillas (smectitas e illitas), cloritas y carbonatos. Además, se ha observado la presencia de halita en algunos depósitos, la cual puede jugar un papel importante en la química de las aguas subterráneas

que atraviesan estos "Azulejos" en el Valle de La Aldea (Cabrera *et al.*, 2002).

En cuanto a los depósitos no alterados intercalados entre los "Azulejos", se trata siempre de ignimbritas fuertemente soldadas, algunas con estructuras reomórficas. Al microscopio electrónico muestran sus vacuolas prácticamente limpias, sólo con ocasionales cristales de feldespatos y/o cuarzo que, por tanto, se atribuyen a un proceso de desvitrificación temprana de alta temperatura (p. ej. McPhie *et al.*, 1993).

## DISCUSIÓN

La estrecha dependencia geométrica entre los niveles de alteración estudiados y el borde de la Caldera de Tejada, implica la actuación de los fluidos mineralizadores a favor de sus planos de fractura. Por otro lado, la afición de diferentes tipos de depósitos piroclásticos (ignimbritas y *surges*) por un mismo nivel de alteración, muestra que ésta es independiente de las características litológico-estructurales de los depósitos. Este hecho, unido a los datos isotópicos de Rb, Sr y O aportados por Cousens *et al.* (1993), que indican una amplia movilidad post-eruptiva de estos isótopos por la acción de aguas meteóricas recalentadas, ponen de manifiesto que la alteración se desarrolló en sistemas abiertos, aspecto ya subrayado por García del Cura *et al.* (1999).



Sin embargo, la existencia de ignimbritas no alteradas con texturas fluidales (fuertemente soldadas) intercaladas dentro de un mismo nivel o entre diferentes niveles de "Azulejos", sí que podría suponer una barrera a la circulación de los fluidos mineralizadores. Lo mismo podría decirse de los basaltos en escudo en posición extracaldérica que entran en contacto lateral mecánico con los "Azulejos". Aún cuando estas ignimbritas soldadas pudieron ser más resistentes al avance de la alteración, la observación de otros depósitos ignimbríticos similares que sí se encuentran alterados, así como la propia existencia de al menos cuatro niveles de "Azulejos", parece más bien apuntar hacia un mecanismo discontinuo en el tiempo y que va migrando hacia los sectores más meridionales de la caldera. De esta forma, los circuitos hidrotermales irían abandonando sectores de la caldera antes de alterar a todos sus materiales y cuando posteriormente se reanudara la actividad hidrotermal, los fluidos preferirían viajar a través de depósitos piroclásticos más porosos. Los amplios periodos de inactividad volcánica detectados en la etapa post-caldérica (p. ej. Clark y Spera, 1990; Schmincke, 1993; Bogaard y Schmincke, 1998), así como el carácter pulsante de la subsidencia caldérica (Schmincke, 1967; Hernán, 1976) serían los responsables de la actividad intermitente de los circuitos hidrotermales.

En cuanto a los basaltos en escudo, éstos no constituyen el verdadero obstáculo al avance de la alteración, ya que incluso en algunos sectores cercanos al borde de la caldera (p. ej. Barranco de Veneguera) forman secuencias pahoehoe muy permeables, productivas hidrogeológicamente en la actualidad. Por tanto, son los planos de falla de la caldera (con amplia presencia de espejos de falla) los que debieron ejercer de guía y barrera para los fluidos hidrotermales. Este hecho supone confinar los fluidos hidrotermales y, por tanto, su fuente acuosa original al dominio intracaldérico. La existencia de la propia caldera, como depresión cerrada, así como el relleno inicial de la misma mediante potentes depósitos epiclásticos derivados, probablemente, de la erosión y retroceso de sus paredes originales (p. ej. Clark y Spera, 1990; Schmincke, 1993), resultan factores favorecedores para la existencia de lagos y acuíferos someros que suministrarían el agua para la formación de los circuitos hidrotermales.

La edad de formación de los "Azulejos" es incierta. Como se indicó en el apartado de estratigrafía, la alteración hidrotermal afecta a materiales de la Formación Traquítico-Riolítica (o Fm Mogán) con edades comprendidas entre los 14 a 13,5 Ma. Por otro lado, Schmincke (1993) indica que, dado que no afectan a depósitos de la Formación Fonolítica (o Fataga en su nomenclatura), debió producirse antes del comienzo de esta formación hacia los 13 Ma. Por tanto, es probable que la alteración se alternara con la actividad volcánica durante el comienzo de la actividad post-caldérica, quedando abandonada posteriormente cuando se genera la Formación Fonolítica. En esta última etapa, la mayoría de su actividad magmática se concentró en los sectores centra-

les de la caldera (con un fuerte *doming* y generación de un complejo cónico de diques) y en un probable edificio estratovolcánico localizado en Cruz Grande, a gran distancia de los sectores de "Azulejos".

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación "Simón Benítez Padilla-2000" (Cabildo de Gran Canaria) y CICYT con fondos FEDER IFD97-0525. Agradecemos a la Dra. M.A. García del Cura por su asistencia y asesoramiento durante los estudios mineralógicos en la Universidad de Alicante.

## REFERENCIAS

- Bogaard, P. V. D. y Schmincke, H. U. (1998): Chronostratigraphy of Gran Canaria. En: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific results volume 157* (P. P. E. Weaver, H. U. Schmincke, J. V. Firth y W. A. Duffield, Eds.). College Station, Texas, 127-140.
- Cabrera, M.C., Pérez Torrado, F.J., Antón, A. y Muñoz, J. (2002): *Volcanología y petrología de los "Azulejos" y su relación con la química de las aguas subterráneas del Valle de La Aldea (Gran Canaria)*. Informe final Premio Biblioteca Simón Benítez Padilla-2000, 216 p.
- Clark, S.C.L. y Spera, F.J. (1990): Evolution of the Miocene Tejada magmatic system, Gran Canaria, Canary Islands. *Contribution Mineralogy and Petrology*, 104: 681-699.
- Cousens, B.L., Spera, F.J. y Dobson, P.F. (1993): Post-eruptive alteration of silicic ignimbrites and lavas, Gran Canaria, Canary Islands: Strontium, neodymium, lead, and oxygen isotopic evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57: 631-640.
- García del Cura, M. A., La Iglesia, A. y Ordóñez, S. (1999): Zeolitas (Clinoptilolita-Analcima-Filipsita) en depósitos piroclásticos miocenos del borde de la Caldera de Tejada (Gran Canaria, Islas Canarias). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12 (2): 229-240.
- Hernán, F. (1976): Estudio petrológico y estructural del complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Estudios Geológicos*, 32: 279-324.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España) (1992): *Proyecto MAGNA. Memoria y mapa geológico de España a escala 1:100.000. Hoja nº 21-21/21-22, Isla de Gran Canaria*. IGME, Madrid.
- McPhie, J., Doyle, M. y Allen, R. (1993): *Volcanic textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Centre for Ore Deposits and exploration studies, University of Tasmania (Australia), 198 p.
- Schmincke, H.U. (1967): Cone sheet swarm, resurgences of Tejada Caldera, and the early geologic history of Gran Canaria. *Bulletin of Volcanology*, 31: 153-162.
- Schmincke, H.U. (1993): *Geological field guide of Gran Canaria*. Pluto Press, Kiel, 227 p.