



15

**FORMAS VOLCANICAS:  
LAS CALDERAS**

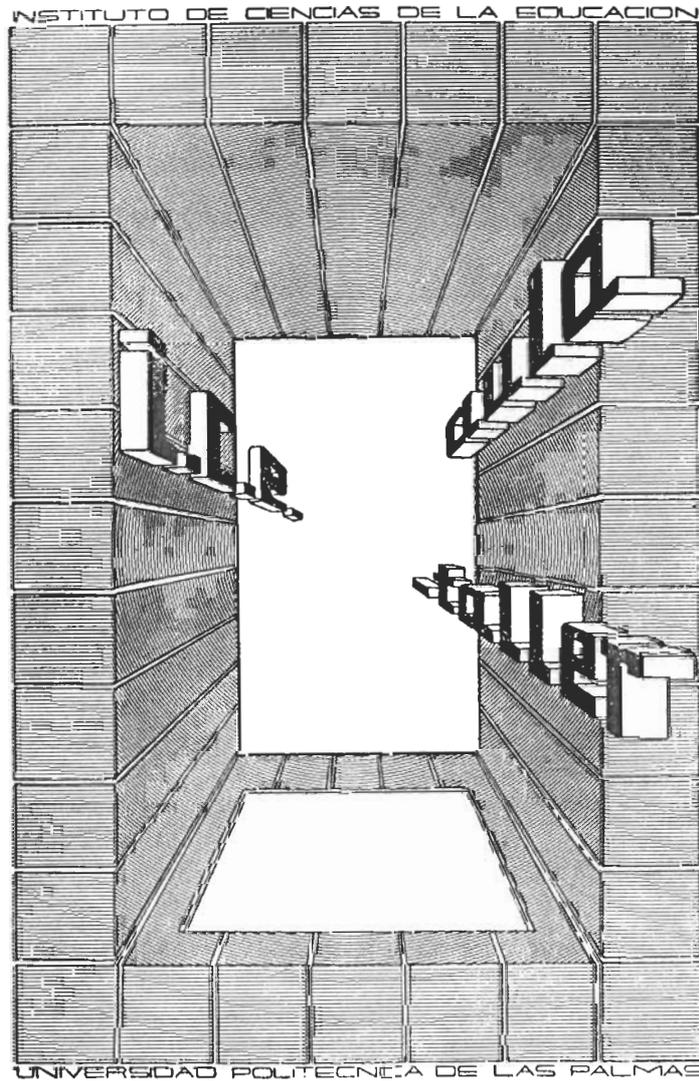
J. Martínez, I. Menéndez  
D Casas

551.432  
MAR  
for



. . . Es necesario descubrir, pero no aprender descubriendo lo que otros ya hicieron, sino aprender a descubrir lo que aún falta por conocer o a mejorar lo conocido . . .

F. Martín Rubio. 1986



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE LAS PALMAS  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS BÁSICAS  
NO LO SOBRAJE

COLECCION AULA - TALLER  
Serie: MONOGRAFIAS DIDACTICAS

Números publicados:

- 1.— INICIACION A LA INFORMATICA
- 2.— SIMULACION: INTRODUCCION Y DIDACTICA
- 3.— RECURSOS DE CAMPO EN LA DIDACTICA DE LA GEOLOGIA
- 4.— (Agotado).
- 5.— LECTURAS EN FILOSOFIA
- 6.— SUGERENCIAS LEXICO-ORTOGRAFICAS Y ORIENTACIONES PEDAGOGICAS SOBRE EL CORRECTO EMPLEO DE "S", "Z" Y "C" EN ZONAS DIALECTICAS SESEANTES
- 7.— ITINERARIOS GEOLOGICOS: LANZAROTE (Reeditado)
- 8.— GUIA Y ESTRATEGIAS PARA UN ESTUDIO EFECTIVO
- 9.— ALGORITMOS Y ESTRUCTURA DE DATOS
- 10.— ALGORITMOS Y ESTRUCTURA DE DATOS: BUSQUEDA
- 12.— ALGORITMOS Y ESTRUCTURA DE DATOS: ORDENACION
- 13.— HISTORIA DE UN BOSQUE
- 14.— LA FORMACION DEL CURRICULUM EN MATERIAS TECNOLOGICAS
- 15.— FORMAS VOLCANICAS: LAS CALDERAS

Números en preparación:

- \* USO DE LA CALCULADORA EN EL AULA
- \* TIEMPO METEOROLOGICO: SU DIDACTICA
- \* COMPILACION DE TRABAJOS EN DIDACTICA DE LA FILOSOFIA

MAR  
fz  
5/1 21

Jesús Martínez  
Ildefonso Menéndez  
Diego Casas

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
N.º Documento 15200  
N.º Copia     

FORMAS VOLCANICAS: LAS CALDERAS.

R. 2.962



I.C.E. Universidad Politécnica de Las Palmas.  
Apartado de Correos 550.  
D.L.: G.C. 492 - 1986

**U.L.P.G.C.**  
Ciencias Básicas  
Biblioteca  
Nº D.  
Nº C. 261596

## INDICE

	pags.
1. Resumen .....	2
2. Concepto de caldera .....	2
3. Clasificación y nomenclatura de las calderas .....	3
4. Evolución histórica en la interpretación genética de las principales calderas de Canarias .....	5
5. Fisiografía de las principales calderas canarias .....	18
6. Características de las calderas .....	19
6.1. Calderas de hundimiento .....	19
- Generalidades .....	19
- Las Cañadas del Teide, en Tenerife, y las cumbres de Tejeda, en Gran Canaria, como ejemplos de calderas de hundimiento .....	21
6.2. Calderas de explosión .....	23
- Generalidades .....	23
- La Caldera de Bandama, en Gran Canaria, como ejemplo de caldera de explosión .....	23
6.3. Grandes cráteres .....	25
- Generalidades .....	25
- Montaña de la Caldera, Alegranza, como ejemplo de "grandes cráteres" .....	25
6.4. Calderas de erosión .....	26
- Generalidades .....	26
- La Caldera de Tirajana, en Gran Canaria, como ejemplo de caldera de erosión .....	26
6.5. Esquemas gráficos de los ejemplos .....	29
7. El drenaje superficial en las grandes calderas canarias .....	39
8. Cuencas endorreicas en relación con las calderas canarias .....	39



-

9. El contenido geológico de las calderas cana <u>r</u> ias .....	41
10. Modelo de prueba de evaluación .....	42
11. Conclusiones .....	43
12. Bibliografía .....	44

## 1. RESUMEN

Después de delimitar y definir el concepto de "caldera", se acepta una clasificación y nomenclatura de estas formas en relieves volcánicos, que sea válida para el entorno canario, de acuerdo con unos criterios didácticos.

Se describen las características y se interpreta cada tipo de caldera. Se hace referencia constantemente a los ejemplos de Canarias, dentro de un contexto de Geología regional, y se recoge la evolución conceptual en la interpretación genética de las mismas.

Se propone un modelo de prueba "creativa" de evaluación.

## 2. CONCEPTO DE CALDERA

Uno de los más antiguos conceptos de caldera se relaciona con la "hipótesis de levantamiento", de von Buch (1825). En esa hipótesis, los conos volcánicos se deben a unos tumores presionados hacia arriba, por una fuerza procedente del interior de la corteza. Estos empujes abren cráteres en lo alto de los tumores, conjuntamente con fisuras radiales periféricas. La conjunción de los cráteres con las fisuras de tensión determina la formación de unas depresiones topográficas denominadas "calderas".

Para ciertos vulcanólogos clásicos, como Escher (1929) y Sandberg (1927), las calderas son casos particulares de cráteres: cuando estos tienen sus paredes casi verticales y/o alcanzan determinadas dimensiones.

Rittmann (1963) matiza que las calderas formadas por cráteres no se encuentran sobre conos elevados, sino que describen vastos muros circulares, de poca altura, que podrían encerrar conos, de una actividad volcánica poste-

rior.

Para Francis (1983), las calderas equivalen a grandes cráteres volcánicos, de pocos a 50 o más kilómetros de diámetro. Pero este autor entiende aquí por cráter la depresión resultante de un hundimiento, al desplomarse el techo de una cámara magmática superficial. No se trataría de cráteres en sentido estricto. Muchos de los geólogos actuales tienden a este último concepto.

Sin embargo, por exigencias del entorno geográfico de Canarias, se opta por un concepto más amplio, menos comprometedor en cuanto a la interpretación genética, que abarque, entre otras, a las calderas de erosión que no tienen porque estar ligadas necesariamente a los procesos eruptivos, sino que entrarían plenamente dentro de un contexto geomorfológico. En esa línea se encuentra la definición de "calderas" dada por Araña y Lopez (1974), si se sustituye el término "volcánicas" por "en relieves volcánicos". En definitiva, las calderas serían "grandes depresiones en relieves volcánicos, en forma de cubeta circular o elíptica".

Según Hausen (1960), el vocablo "caldera" está tomado de la expresión portuguesa "caldeira", que significa -- "depresión redondeada en los relieves volcánicos de Las Azores". Para otros, el término procede de la isla de La Palma, y sería la toponimia de la gran depresión de Taburiente.

#### 4. CLASIFICACION Y NOMENCLATURA DE LAS CALDERAS

De acuerdo con diversos autores, se propone una sistemática genética, basada, en gran parte, en la de Williams (1941).

Un esquema simplificado constaría de cuatro grupos:

- I. Calderas de hundimiento.
- II. Calderas de explosión.
- III. Grandes cráteres. Y

IV. calderas de erosión.

1  
2  
3  
4  
5



4. EVOLUCION HISTORICA EN LA INTERPRETACION GENETICA DE LAS PRINCIPALES CALDERAS DE CANARIAS

Interpretación genética	Fecha	Autor-es
Cañadas del Teide (Tenerife)		
Hipótesis de levantamiento	1825	L.von Buch
.....	.....	.....
Gran hundimiento volcánico	1858	K.von Fritsch y W. Reiss
.....	.....	.....
Hundimiento de explosión previa	1917	L. Fernandez
.....	.....	.....
Dos depresiones gemelas por explosiones y hundimientos. Absorción gradual de las paredes en el proceso de formación. Posteriores rellenos eruptivos-sedimentarios y procesos erosivos.	1960	H. Hausen
.....	.....	.....
Hundimiento con violentas explosiones previas. Posterior retroceso erosivo de las paredes.	1978	V. Araña y J.C. Carracedo

Cumbres de Tejeda (Gran Canaria)

Explosión volcánica	1907	W.von Knebel
.....	.....	.....
Erosión fluvial	1937	J.Bourcart
.....	.....	.....
Hundimiento	1959	S. Benitez
.....	.....	.....
Erosión fluvial tectónicamente preparada: La energía de excavación queda favorecida por una línea de falla o fallas, de dirección NW-SE.	1960	H. Hausen
.....	.....	.....
Hundimiento	1966	H.U.Schmineke y D.A. Swanson
.....	.....	.....
Erosión	1968	J.M. Fuster
.....	.....	.....
Hundimiento y posterior colmatación. Finalmente procesos erosivos.	1980	V.Araña y J.C.Carracedo

Semi-caldera de El Golfo (Isla del Hierro)

Gran explosión en un viejo volcan en escudo .....	1907	W. Knebel
Hundimiento y desplazamientos, que hacen que desaparezca parte de la caldera .....	1925	L. Fernandez
Explosión. La erosión marina posterior destruyó parte de la caldera .....	1945	S. Benitez
Probable gran hundimiento tectónico en relación con un volcán en escudo. Habrían intervenido fallas circulares y deslizamientos en una zona hoy ocupada por el mar	1960	H. Hausen

Caldera de Bandama (Gran Canaria)

Hundimiento típico .....	1959	F. Macau
Cráter de explosión, sin emisión de lavas y relacionado con las aguas subterráneas (maar) .....	1960	H. Hausen



Explosión en relación con un nivel freático	1980	V.Araña y J.C. Carracedo
Explosión	1984	J. Martínez

Montaña de La Caldera (Alegranza)

Cráter de explosión	1960	H. Hausen
Cráter de explosión	1979	V.Araña y J.C. Carracedo

Caldera de Taburiente (La Palma)

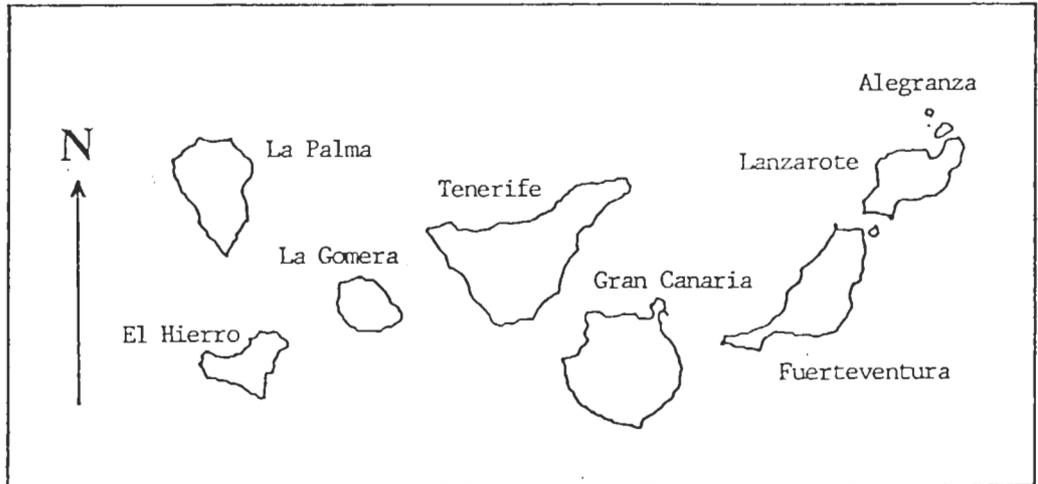
Hipótesis de levantamiento	1825	L.von Buch
Únicamente por erosión fluvial	1855 1868	Ch.Lyell
Erosión fluvial	1908	C. Gagel
Erosión a partir de numerosas fisuras en una cúpula primitiva	1928	H. Reck

Erosión remontante, a partir de una garganta tectónica (delimitada por fallas)	1960	H. Hausen
Erosión	1980	V. Araña y J.C. Carracedo

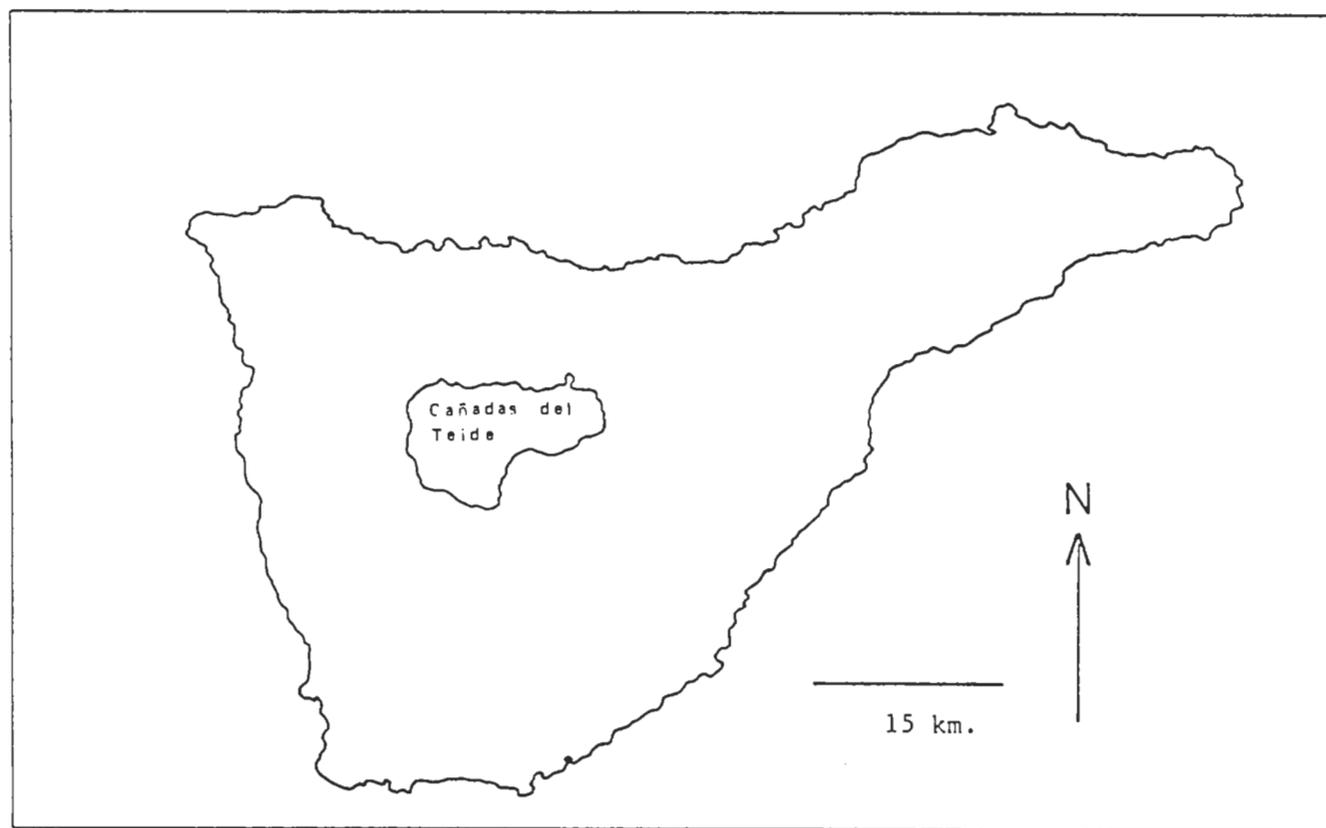
Caldera de Tirajana (Gran Canaria)

Hipótesis de levantamiento	1825	L.von Buch
Explosión volcánica	1907	W.von Knebel
Explosión	1925	L.Fernandez
Erosión	1937	J.Bourcart
Hundimiento en relación con erupciones volcánicas (basálticas) externas	1959	S. Benitez
Hundimiento y posteriores corrimientos de tierra	1959	F.Macau
Valle de erosión en anfiteatro, tectónicamente preparado por la falla o fallas de dirección NW-SE	1960	H.Hausen

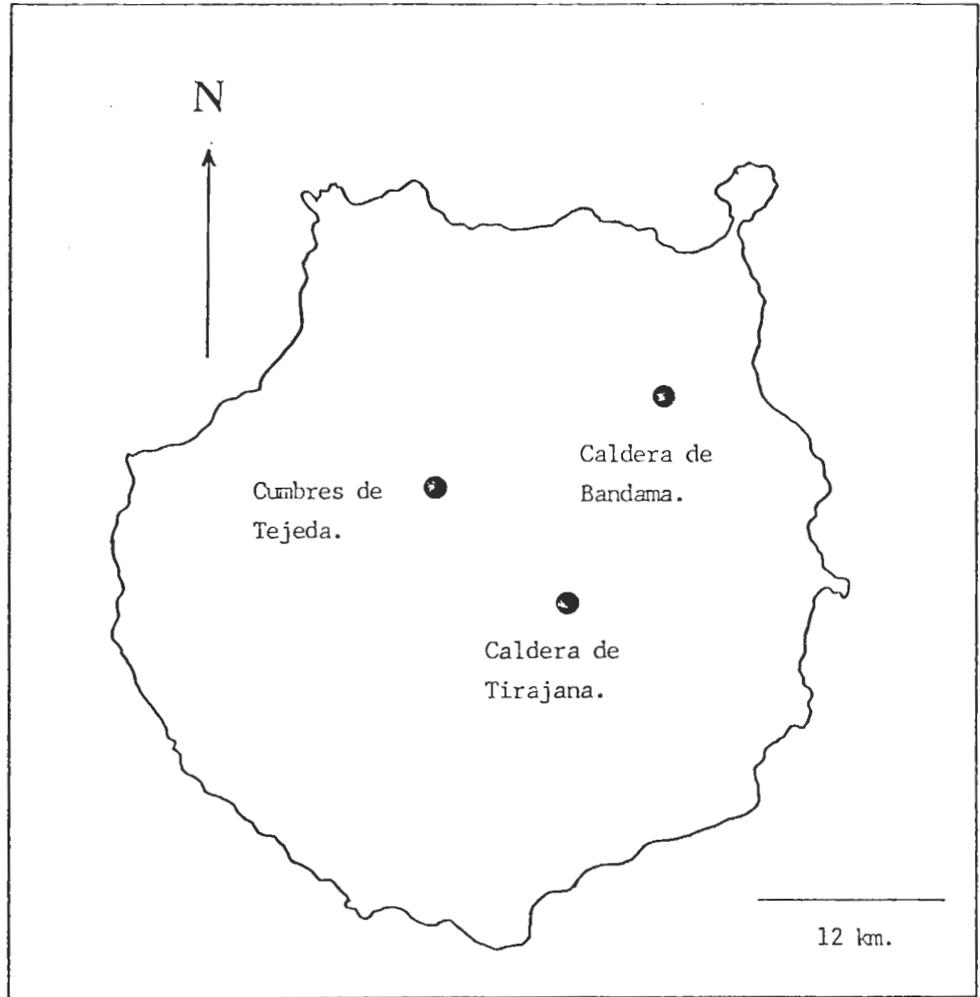
.....		
Deslizamientos gravitatorios de las formaciones volcánicas tabulares, a favor de una superficie de erosión, que normalmente buza hacia la costa	1968	J.M.Fuster
.....		
Erosión por deslizamientos y avalanchas en cabecera de valle	1980	V.Araña y J.C. Carracedo
.....		
Erosión, en la que las avalanchas juegan un papel importante	1984	J.Martínez
<hr/>		



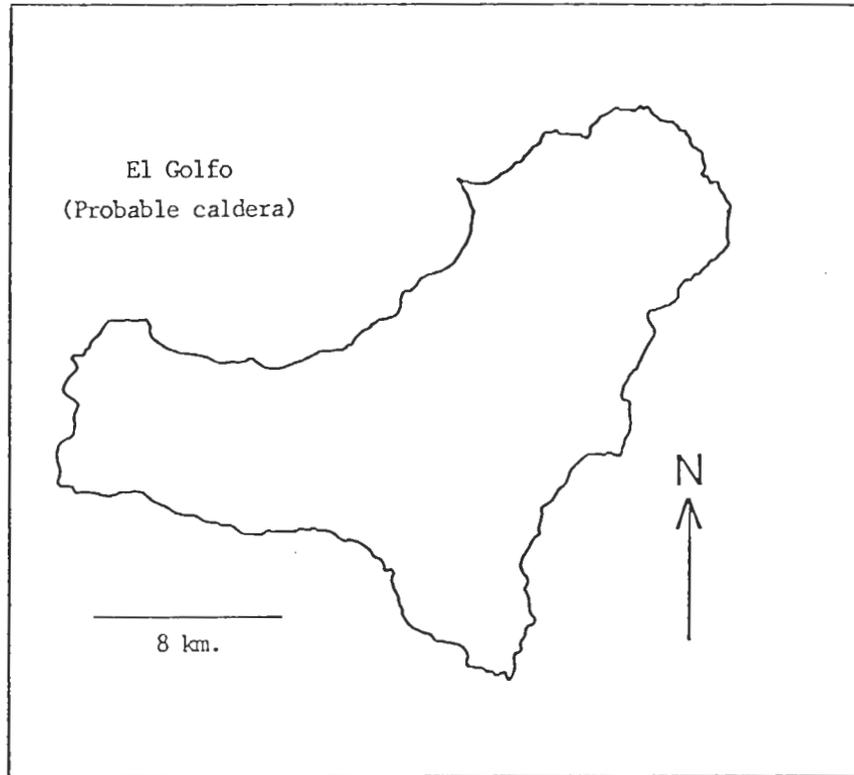
ISLAS CANARIAS



Localización geográfica de Las Cañadas del Teide. (Tenerife).

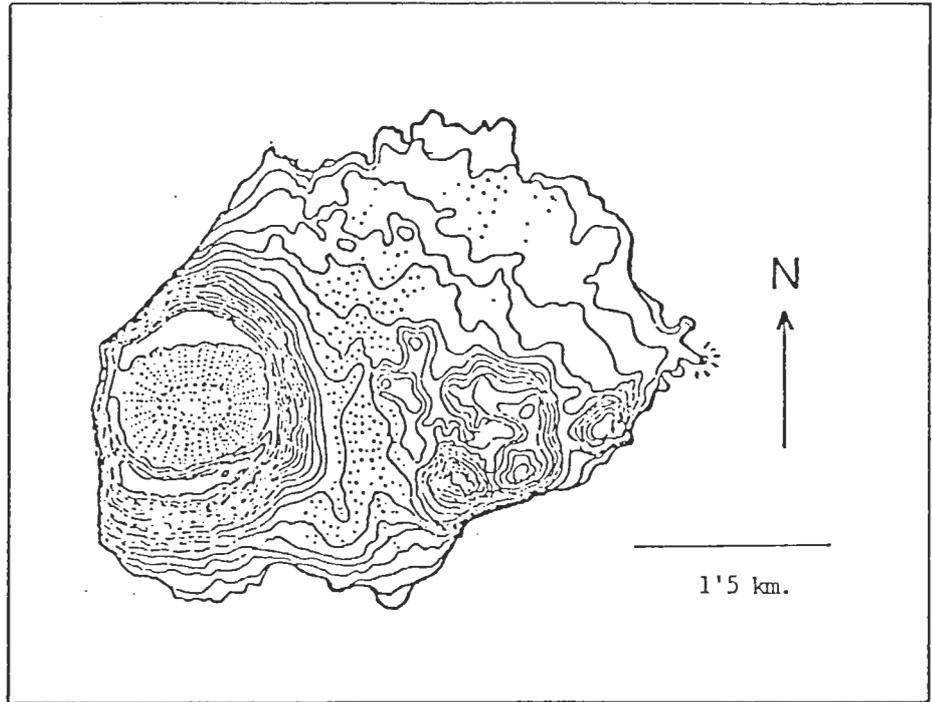


Localización geográfica de las principales calderas de Gran Canaria.

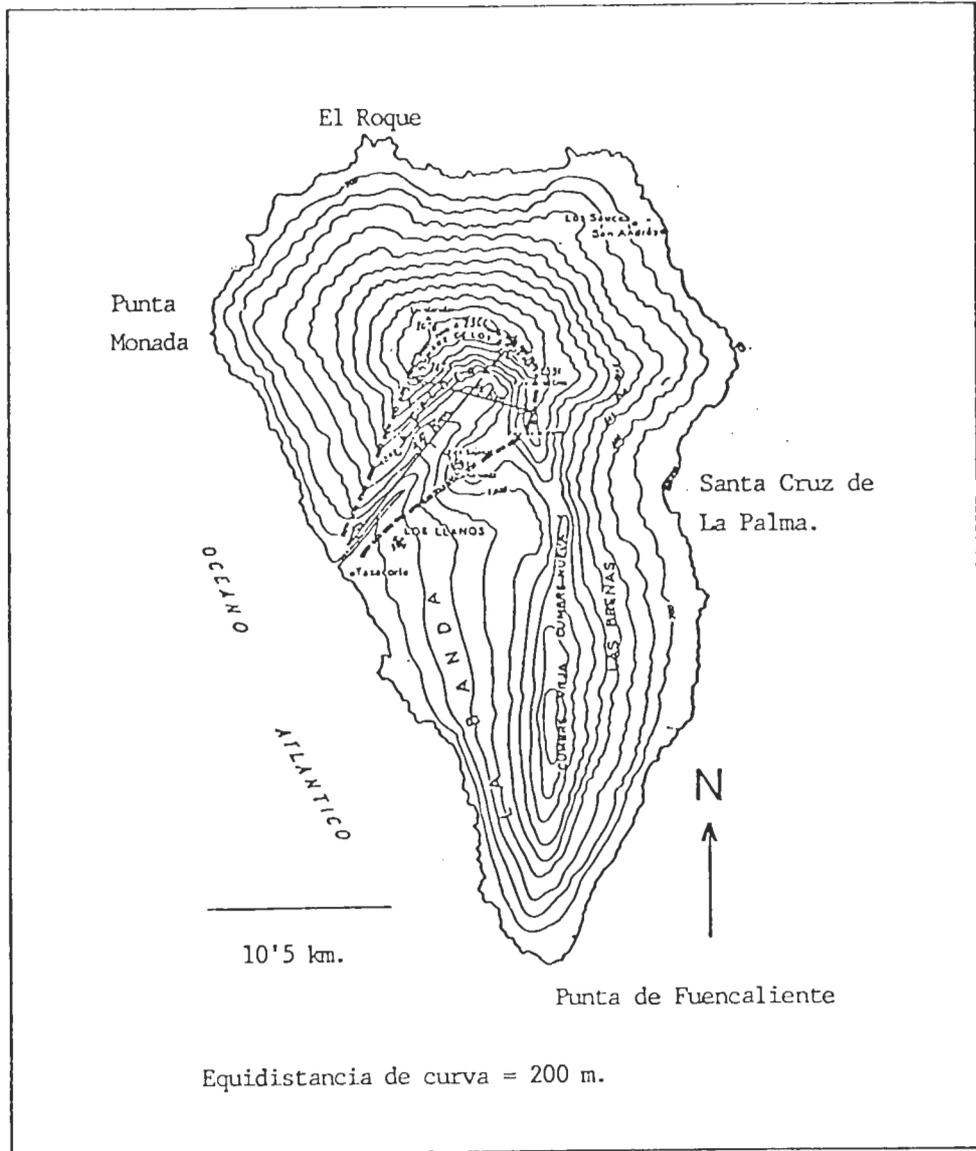


ISLA DEL HIERRO





Topografía de la isleta de Alegranza, en el extremo NE. del Archipiélago, con la Montaña de la Caldera a la izquierda.



Límites de la Caldera de Taburiente. (La Palma).

5. FISIOGRAFIA DE LAS PRINCIPALES CALDERAS CANARIAS

1	2	3	4		5	6	7	8
			4 <sub>1</sub>	4 <sub>2</sub>				
Las Cañadas	Tenerife	elíptica	16	NE-SW	12	125	500	encierra grandes conos volcánicos
Tejeda	G.Canaria	elíptica	14	NE-SW	7'5	83	600	actual depresión de erosión
Bandama	G.Canaria	circular	1'04		0'863	3'14	200	
Montaña de la Caldera	Alegranza	circular oblonga	1'3	E-W	1	4'15	238	
Taburiente	La Palma	herradura	15	NE-SW	7	38	1500	
Tirajana	G.Canaria	herradura	15'4	NW-SE	7	38	680	



- 1 = Denominación de la caldera.
- 2 = Localización.
- 3 = Geometría de la planta.
- 4 = Eje Mayor.
- 4<sub>1</sub> = Magnitud en Km.
- 4<sub>2</sub> = Dirección.
- 5 = Eje menor: magnitud en km.
- 6 = Superficie en Km<sup>2</sup>.
- 7 = Envergadura máxima de las paredes en m.
- 8 = Otras observaciones.

## 6. CARACTERISTICAS DE LAS CALDERAS

### 6.1. Calderas de hundimiento.

Representan grandes depresiones que, con frecuencia, superan los 10 km. de diámetro. Se originan al colapsarse el techo de una cámara magmática superficial.

En la formación de calderas de este tipo, se puede formular dos secuencias alternativas de acontecimientos o procesos:

1. Alternativa del hundimiento antes de las erupciones masivas:

a) Emplazamiento de una cámara magmática en un nivel somero de la corteza. El techo del reservorio puede quedar a solo cuatro o cinco kilómetros de profundidad.

b) Frecuente abovedamiento de la superficie topográfica por el emplazamiento de la cámara magmática.

c) Desplome del techo de la cámara magmática - (subsistencia de la caldera).

d) Abertura de un sistema de fracturas anulares periféricas de tensión.

e) Erupción masiva del magma, a lo largo de las fracturas anulares periféricas (manifestaciones eruptivas externas, con chimeneas oblicuas, según Macau, 1959).

f) Abombamiento póstumo del fondo de la caldera (resurgencias), con uno o varios centros de elevación, probablemente a consecuencia de intrusiones de nuevos magmas, en la cámara magmática que creó la caldera por primera vez. La magnitud vertical de estos procesos pueden reba

sar el Km.

g) Erupciones tardías, relativamente tranquilas, intermitentes y durante mucho tiempo después del paroxismo de hundimiento, en el interior de la depresión o a lo largo del sistema de fracturas anulares periféricas (continuación de la resurgencia).

h) Posibles manifestaciones de manantiales termales y geiseres, durante un tiempo más prolongado que el de las erupciones tardías.

Francis (1983) explica, en una serie de esquemas gráficos, la formación de una caldera de hundimiento, según la alternativa descrita anteriormente.

En realidad, se estaría ante una "neo hipótesis de levantamiento".

2. Alternativa del hundimiento por falta de soporte:

a) Emplazamiento de una cámara magmática somera.

b) Frecuente abovedamiento de la superficie topográfica.

c) Posible formación de fracturas de tensión - periféricas y de pautas anulares, debidas al abovedamiento - precedente.

d) Rápida y masiva evacuación eruptiva de la cámara magmática (en pocas horas o días). Las chimeneas se localizan bajo la potencial depresión (manifestaciones - eruptivas internas, según Macau, 1959).

e) Gran acumulación de materiales volcánicos - sobre el techo de la cámara magmática, procedentes de la - erupción masiva.

f) Desplome del techo de la cámara magmática - vacía, por falta de soporte y ante el enorme peso que sostiene (subsistencia de la caldera). En el hundimiento juega un papel muy importante las fracturas periféricas, que evolucionan a fallas, en el supuesto de que existan. A favor de ellas tendrían lugar el derrumbamiento, en un proceso - de tipo catastrófico, semejante al ocurrido en Krakatoa - (1883).

g) Abombamiento póstumo del fondo de la calde-

ra, con uno o varios centros de elevación (resurgencias).

h) Erupciones tardías (continuación de las resurgencias).

i) Posibles manifestaciones de manantiales termales y geiseres.

---

Las erupciones masivas, relacionadas con las calderas de hundimiento, suelen ser de naturaleza sálica, o dacíticariolítica. Hay algunos ejemplos de calderas dependientes de erupciones basálticas (sea el caso, en principio, de la caldera de Los Marteles, en Gran Canaria). En cuanto a la forma de presentarse las erupciones, destacan, en mucho, las potentes y extensas coladas piroclásticas (ignimbritas en sentido amplio).

Los magmas sálicos, o dacíticos-riolíticos, se caracterizan en que son ricos en sílice y, por lo tanto muy viscosos. Esto, junto con los gases que contienen, dando lugar a múltiples burbujas, explica la formación de coladas piroclásticas.

Macau (1959) ilustra gráficamente las manifestaciones eruptivas, tanto internas como externas, en los procesos de formación de calderas.

---

En canarias se identifican dos ilustrativas calderas de hundimiento: la de Las Cañadas, en Tenerife, y la de Tejeda, en Gran Canaria.

Las Cañadas del Teide está relacionada con el hundimiento de la cúpula de un primitivo edificio, en el que las rocas sálicas (fonolitas y traquitas) están acompañadas por otras basálticas (serie Cañadas). Los conos que encierran la depresión, y entre los que se encuentran El Pico del Teide-Pico Viejo, representan procesos de resurgencias.

Pero donde más espectacularmente se establece la conexión, en nuestro entorno, entre erupciones sálicas y for-

mación de calderas es en la caldera de hundimiento fosilizada de Tejada, en Gran Canaria. Esta se pudo originar después de importantes erupciones traquíticas y fonolíticas, cuyos materiales, en la actualidad, ocupan grandes extensiones. Los procesos eruptivos, con numerosos episodios ignimbéricos, y los derrumbamientos tendrían lugar a favor de un sistema de fracturas circulares, de 25-30 km. de longitud, convergentes hacia el interior de la litosfera (Schmincke y Swanson, 1966). Sin embargo, la carencia de milonitas es, para Fuster (1968), un argumento que quita credibilidad a la anterior hipótesis tecto-volcánica.

Como resultado del estudio sistemático de los diques sálicos de la zona central gran Canaria (Hernán, 1976), se identifica un "cone sheet" (cono invertido de diques), que tendría posiblemente una cierta relación con el sistema de fracturas intuido por Schmincke y Swanson. Las inyecciones posteriores habrían limpiado la zona de milonitas.

Algunos autores admiten una actual caldera de hundimiento en esta área, argumentándose, entre otros hechos, en las fallas visibles de sus bordes. Pero para Fuster y colaboradores (1968), estas fracturas, inclinadas hacia el interior de la depresión, se deben a procesos de deslizamientos gravitacionales, en los escarpes activos de las paredes de los barrancos. Los deslizamientos estarían provocados por el apoyo de las formaciones tabulares en las Cumbres (Formaciones Pre-Roque Nublo y Roque Nublo y Serie basáltica II), sobre una antigua superficie de erosión.

Si se resumen y se complementan las ideas de Schmincke y Swanson (1966), se formula la siguiente Historia geológica para las cumbres de Tejada:

1. Emplazamiento de una cámara magmática superficial.
2. Colapso de la zona, a modo de fosa tectónica circular.
3. Formación de la "caldera de hundimiento" y de un sistema de fracturas periféricas, de planta anular.
4. Erupciones masivas traquíticas-fonolíticas a lo largo de las fracturas anulares. Las inyecciones cartografiadas del "cone sheet" representan a las chimeneas -

de las últimas emisiones.

5. Culminación del proceso de colmatación de la depresión (fosilización) por las planchas de nube ardiente (Formación Roque Nublo) y por coladas basálticas II.

6. Inicio de una nueva etapa erosiva, que labra una caldera de erosión. Progresivamente queda al descubierto la antigua caldera de hundimiento.

Una hipótesis alternativa de Geología histórica, para este escenario, puede estar basada en Fuster (1968). La hipótesis comprendería otra secuencia de acontecimientos:

1. Formación de una depresión erosiva.

2. Colmatación de la depresión por materiales sálicos: sienitas en el interior y traquitas en el exterior.

3. Desarrollo de las planchas de las formaciones Pre-Roque Nublo y Roque Nublo.

4. Inicio de una nueva etapa erosiva. Comienza a labrarse otra depresión sobre la primitiva.

#### 6.2. Calderas de explosión.

Constituyen depresiones topográficas de origen volcánico, que raramente rebasan los 2 ó 3 km. de diámetro, por el desalojo de rocas, a causa de salidas violentas (explosivas) de algunos magmas, o de productos relacionados con ellos.

Siempre las explosiones fuertes están ligadas a la formación rápida de gases. En muchos casos, gran parte de estos, se deben a una agua freática en contacto con un magma caliente, que asciende a la superficie.

Decker (1981) describe, en detalle, estos procesos explosivos, en relación con la formación de calderas, con ocasión de la erupción del monte Santa Elena, en 1980.

La caldera de Bandama (Gran Canaria), como ejemplo de caldera de explosión.

La caldera de Bandama tiene un perímetro circular, de 1.200 m. de diámetro. Sus paredes escarpadas delimitan un fondo casi plano, a una profundidad de unos 200 m. Esta labrada en rocas sálicas y adosada a un cono basáltico de -

la serie IV. Se encuentra fosilizada por piroclastos de las últimas erupciones de la zona.

Las rocas sálicas de la pared forman aglomerados fonolíticos y excepcionales capas poco potentes de cenizas-cineritas traquíticas alcalinas. Los piroclastos de las últimas erupciones mayoritariamente son picritas (basaltos), de acuerdo con la clasificación y nomenclatura modal de Streckeisen (1967-74). Tradicionalmente se les denominan ankaramitas. Estos piroclastos presentan una muy buena estratificación e intercalan niveles de cenizas traquiandesíticas, según criterios geoquímicos (Rittmann, 1963).

El corte adjunto ilustra la columna litológica de la caldera.

Para Araña y Carracedo (1980), y seguramente a partir de una hipótesis modificada de Hausen (1960), la caldera se debe a una rápida y violenta vaporización de un nivel freático, muy superficial, al ser atravesado por las chimeneas del vulcanismo reciente.

La Historia geológica cabría formularla en cinco episodios:

1. Desarrollo de un nivel freático superficial, bajo un tramo de rocas sálicas, esencialmente fonolitas (coladas basales y aglomerados).

2. Erupciones basálticas (serie IV) de coladas y piroclastos. Formación de conos de cinder.

3. Posibles entradas de agua freática en los conductos de emisión (chimeneas) de una de las erupciones locales. Vaporización del agua freática.

4. Explosión por la anterior vaporización y apertura de la caldera. Brechas fonolíticas de explosión se sobrepone a los materiales basálticos. El paroxismo debió ser muy reciente, ya que se registran temperaturas elevadas, de un calor residual, relativamente a poca profundidad.

5. Piroclastos de posteriores erupciones basálticas fosilizan el relieve. Una de estas últimas erupciones formó el cono de cinder, conocido como Pico de Bandama -- (Hausen, 1960). La depresión parcialmente se rellena.

### 6.3. Grandes cráteres.

Se denomina como caldera, del tipo "grandes cráteres", a toda depresión que cumpla las siguientes condiciones:

1. Que se localice en la cúspide de un edificio - volcánico.
2. Que el diámetro superior rebase el km. Y
3. que la superficie de la base sea mayor que la del conducto de salida.

De acuerdo con la definición dada, la Caldera de los Pinos de Galdar en Gran Canaria, la Caldera Blanca en Lanzarote y la Caldera de Gairía en Fuerteventura, entre -- otras, no son auténticas calderas.

Montaña de la Caldera (Alegranza), como ejemplo de "grandes cráteres".

La Montaña de la Caldera, en la isla de Alegranza, se la considera como una de las más ideales (Hausen, 1960) y completas (Bravo, 1964) calderas-cráteres de explosión en el ámbito canario.

La caldera está definida por un cráter ligeramente - oblongo (algo más largo que ancho), de 1'3 km. de diámetro en su borde, y cuyas crestas más prominentes varían entre 250 y 269 m. de altitud, mientras que el fondo, rodeado de escarpadas paredes, solo alcanza los 51 m.

El edificio, en su lado W, ha sido erosionado por la - acción geológica del mar, con lo que se han formado acanti - lados de 200m. de altura. En realidad, todo el edificio ha soportado una acción erosiva, y se supone que ha sufrido - un proceso de achatamiento. Para Hausen (1960), este rebaja - miento quizás se inició a unas cotas próximas a los 500m.

Petrológicamente, el cráter está formado por piroclas - tos estratificados, de erupciones basálticas olivínicas, da - tadas como pliocenas-cuaternarias (entre poco miles a 5'1 millones de años).

#### 6.4. Calderas de erosión.

Se trata de depresiones de excavación, labradas fundamentalmente por la acción geológica de las aguas superficiales.

Presentan, por lo general, geometrías en herradura, definidas, cada una de ellas, por una cuenca de recepción, ensanchada y prácticamente cerrada en todo su perímetro, menos por el estrechamiento final de los brazos, por cuya abertura circulan las aguas, que arrastran consigo los productos y detritos de la erosión en las paredes de la caldera.

Las paredes que la delimitan pueden alcanzar altitudes de varios miles de metros respecto con la base.

En ocasiones, se inician en depresiones correspondientes a formas de la actividad volcánica, aunque casi nunca se verifica esta circunstancia, al quedar destruido la totalidad del relieve primitivo.

En los mecanismos de erosión, intervienen, sobre todo, deslizamientos-solifluxiones y/o desprendimientos de laderas, ligados, principalmente los primeros, a fuertes lluvias y a la existencia de capas impermeables, como serían almagres, ignimbritas sálicas, etc. Las capas impermeables se comportan de forma plástica y actúan de niveles de despegue.

Las calderas de erosión más representativas del entorno canario son las de Tirajana, en Gran Canaria, y la de Taburiente en la isla de La Palma.

La Caldera de Tirajana (Gran Canaria) como ejemplo de caldera de erosión:

#### Escenario geológico.

Los paredones verticales, que delimitan la cuerda de cabecera, están constituidos, de muro a techo, por la Serie Pre-Roque Nublo y por la Formación Roque Nublo.

Para Fuster y colaboradores (1968), la columna litológica de la Serie Pre-Roque Nublo está formada por:

- basaltos olivínicos,
- tefritas,
- brechas tefríticas
- sedimentos continentales, y
- aglomerados poco potentes de nube ardiente - (base de la formación superior).

Para estos mismos autores, la Formación Roque Nublo - consiste en "potentes y extensos mantos de una roca polimíctica, muy soldada, de nube ardiente". Se entiende por roca "polimíctica" un aglomerado de fragmentos poligénicos.

Se conocen los escarpes como los "Caideros Altos". Solapándolos parcialmente se desarrollan piedemontes. La zona denominada el Tanquillo se encuentra sobre estos depósitos continentales. Desde ella se obtiene una de las más completas panorámicas de la caldera en su conjunto.

Los episodios ignimbríticos sálicos, impermeables, sobre los que se asientan en gran medida las rocas de los escarpes, definen niveles plásticos y de despeque, y juegan un papel muy importante en la dinámica erosiva, junto con una climatología extrema, como ocurre aquí. Periódicamente se desprenden gigantescas "lascas" de ladera, que patinan sobre las capas impermeables, formando taludes inestables. Estos se desmoronan y provocan grandes avalanchas (deslizamientos-solifluxiones), una vez empapadas de agua.

Las "terrazas" sedimentarias que se observan en este ámbito (por ejemplo, junto al pueblo de S. Bartolomé de Tirajana), se deben a la acción de las aguas encauzadas en estas avalanchas.

Quedan huellas, de los efectos catastróficos de los deslizamientos-solifluxiones, en el paraje de Rosiana, entre los pueblos de Santa Lucía y S. Bartolomé. Con ocasión de unas fuertes lluvias en 1956, se destruyeron diversas casas y otras construcciones.

Muchos desprendimientos están relacionados con los "agujeritos" de los escarpes (grietas de distensión por falta de apoyo lateral). Los agujeritos se observan en la cabecera del Barranco de La Culata, a la altura del domo -

fonolítico de Risco Blanco.

El aprovechamiento de los recursos hídricos por descarga, en la caldera, corresponde a cuatro modalidades:

a) Galerías de la pared (galerías de La Cullata).

b) Manantiales de caudales muy regulares a lo largo del año. Llegan, como máximo y por término medio, a los 15 litros por minuto. Se localizan en los piedemontes, esto es, próximos a los escarpes verticales: manantiales de El Tanquillo, El Maguer, Risco Blanco y otros, situados entre los 1.100 y 1.300 metros de altitud.

c) Manantiales en los materiales de avalancha, con caudales irregulares. Los máximos caudales se relacionan con importantes precipitaciones. Ejemplos: manantiales de Agualatente, Juan Pérez, etc.

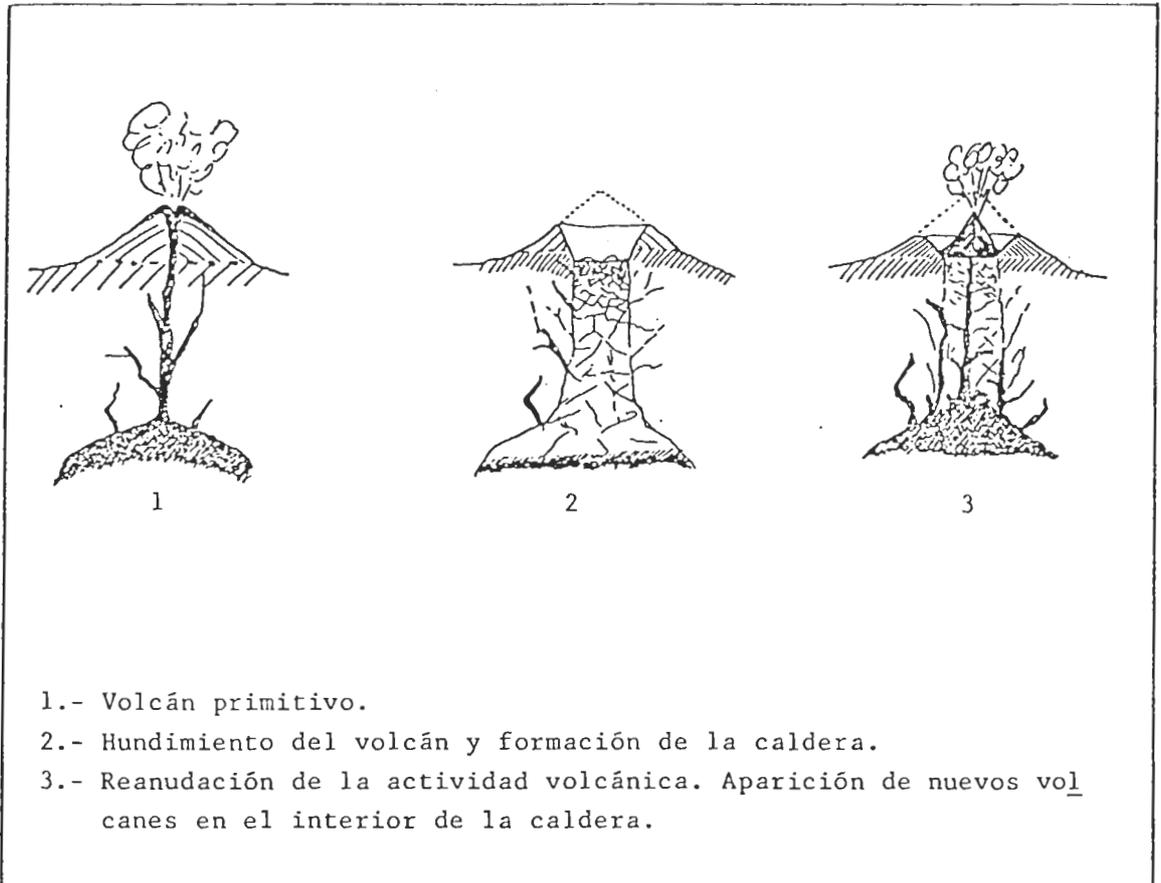
d) Pozos sobre los materiales de avalancha.

La anterior distribución de manantiales traduce, en principio, dos tipos de acuíferos:

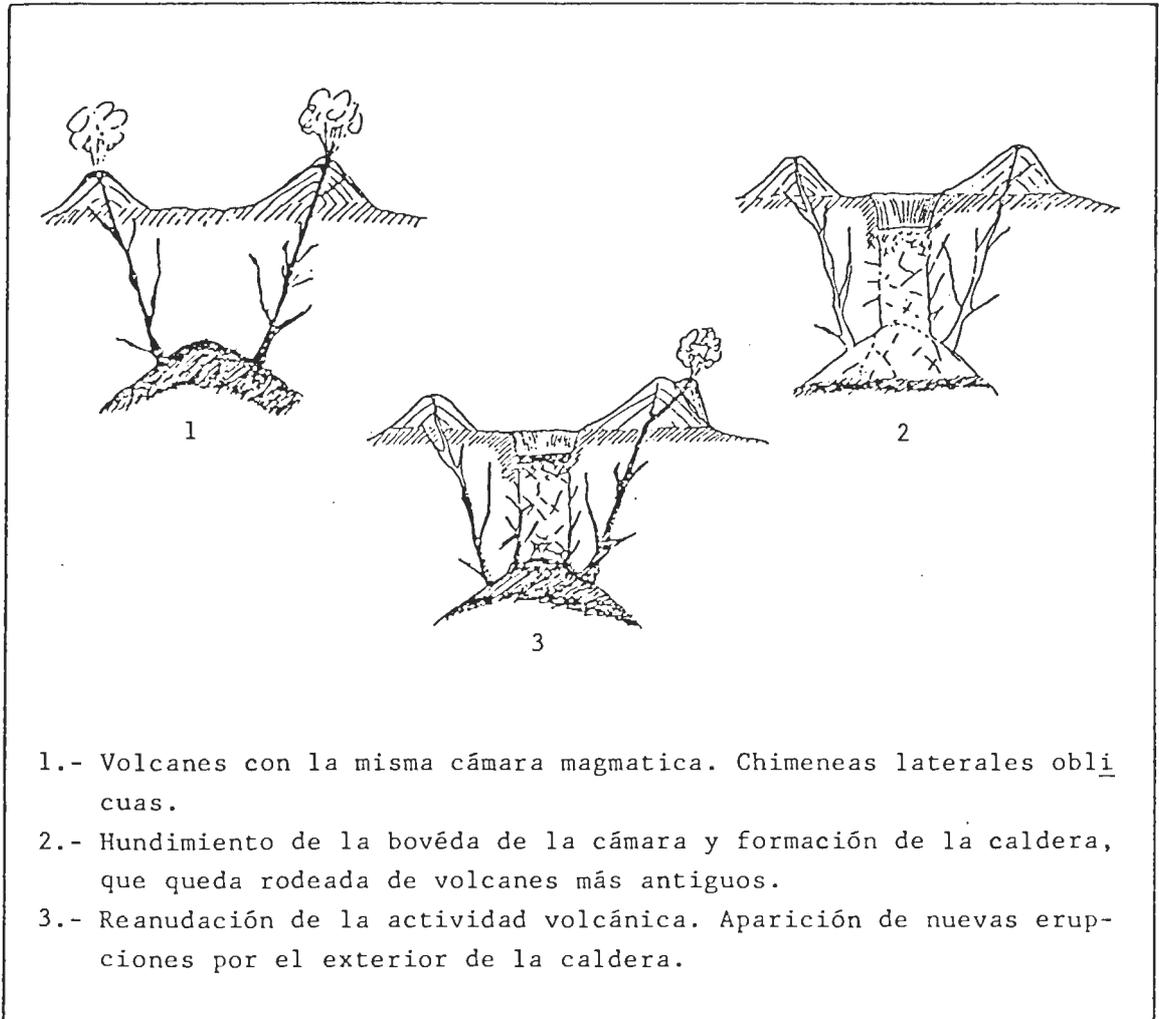
- Acuíferos alimentados desde una amplia zona y en formación con niveles impermeables (manantiales y galerías en los escarpes o muy próximos a estos). Se trata de acuíferos colgados.

La superficie freática de las aguas basales se encuentra a cotas más bajas en este sector, según los mapas y cortes hidrogeológicos del proyecto SPA/15.

- Acuíferos locales en los materiales de avalancha, depositados sobre sustratos impermeables, como podrían ser las ignimbritas.

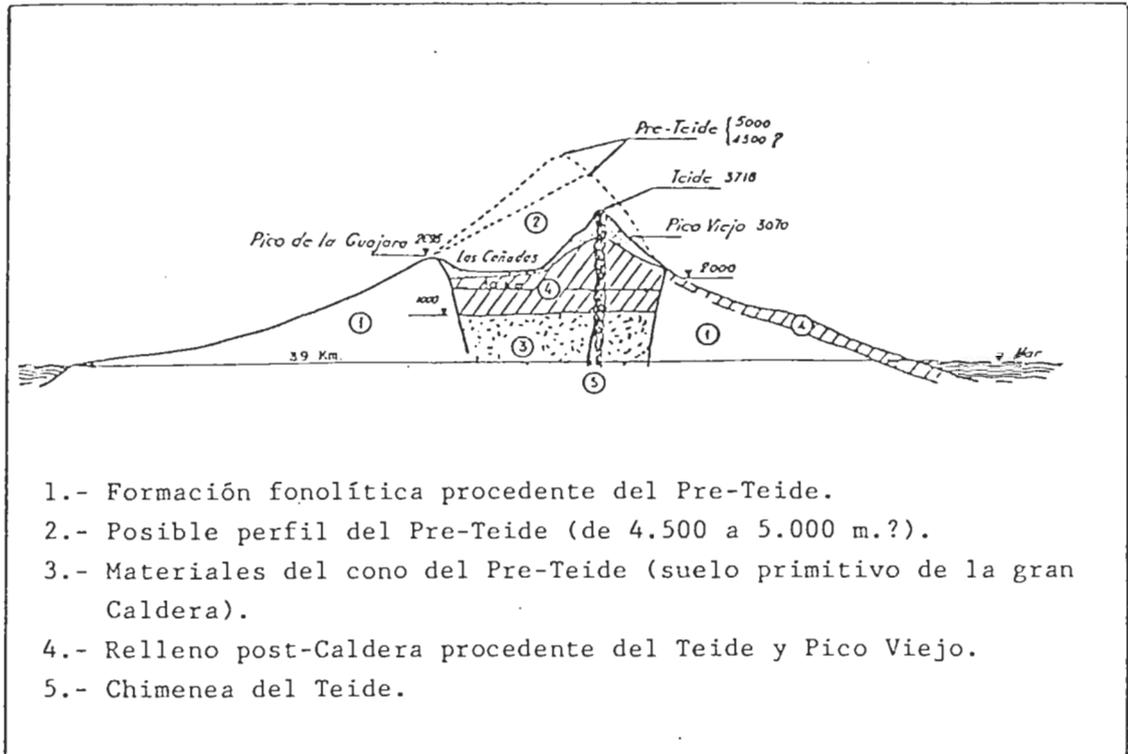


Esquema de la formación de una caldera de hundimiento, con manifestación volcánica interna (según Macau, 1959).

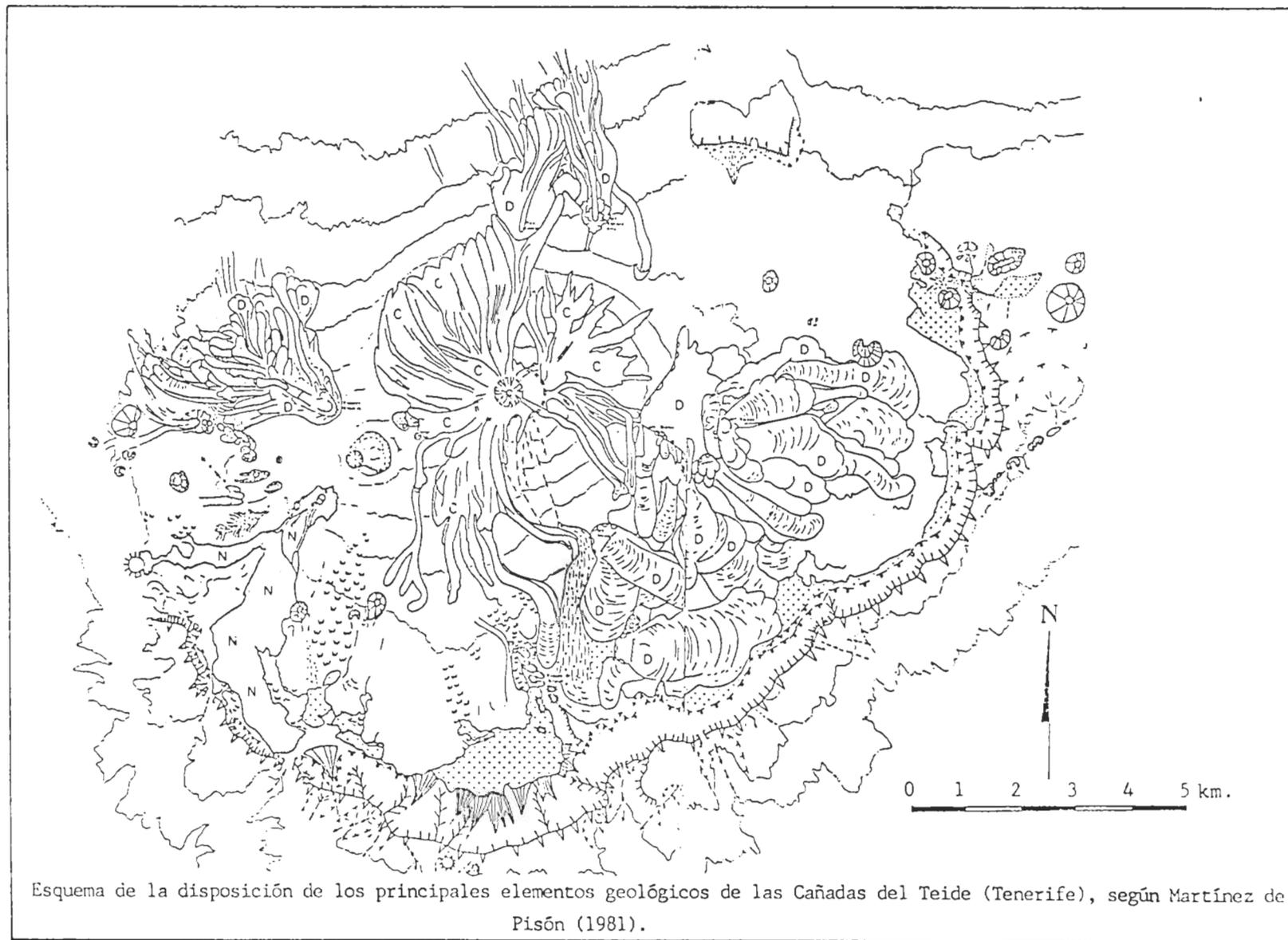


- 1.- Volcanes con la misma cámara magmática. Chimeneas laterales oblicuas.
- 2.- Hundimiento de la bóveda de la cámara y formación de la caldera, que queda rodeada de volcanes más antiguos.
- 3.- Reanudación de la actividad volcánica. Aparición de nuevas erupciones por el exterior de la caldera.

Esquema de la formación de una caldera de hundimiento, con manifestación volcánica exterior (según Macau, 1959).

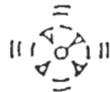


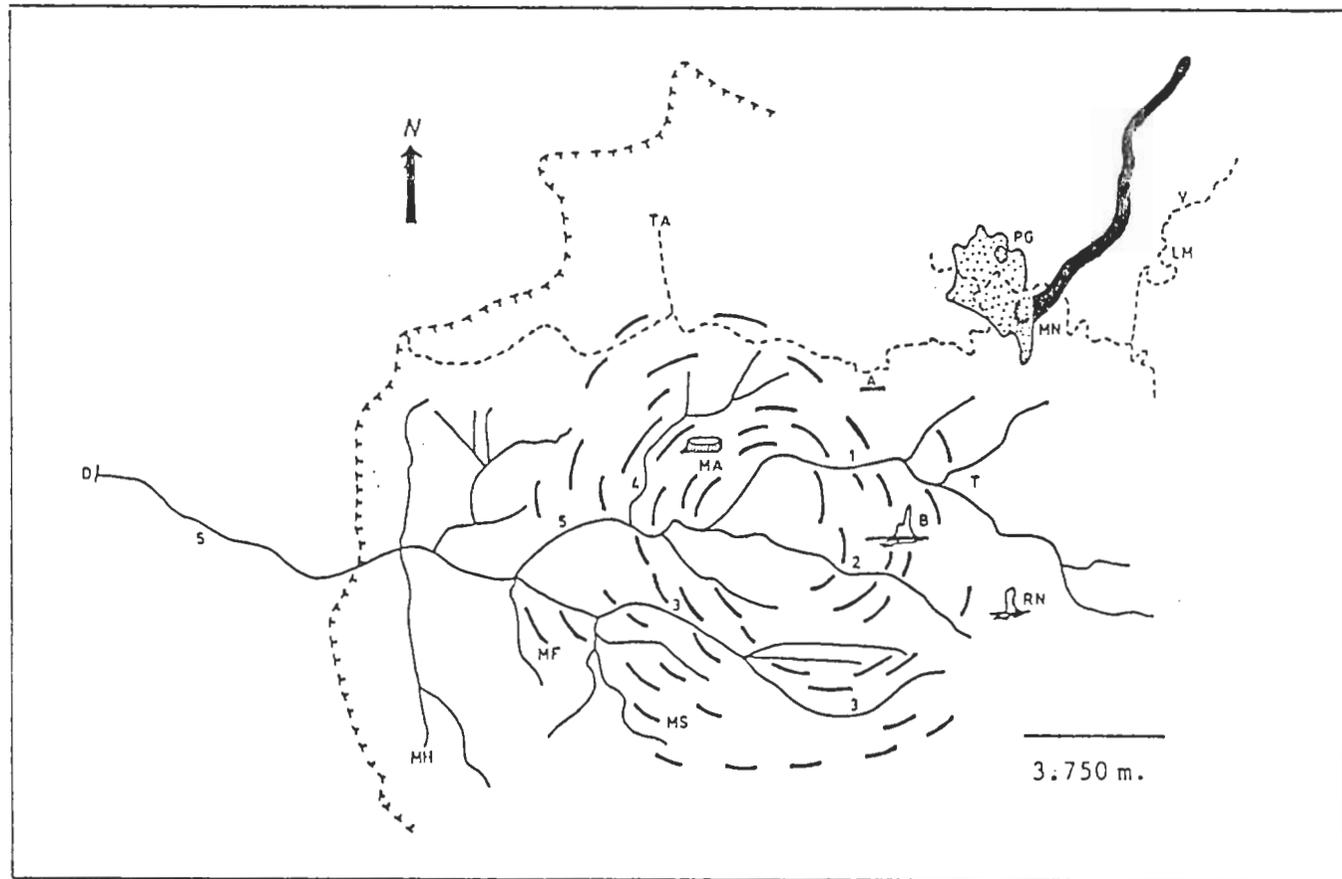
Corte de Las Cañadas del Teide (Tenerife), según Macau (1959).



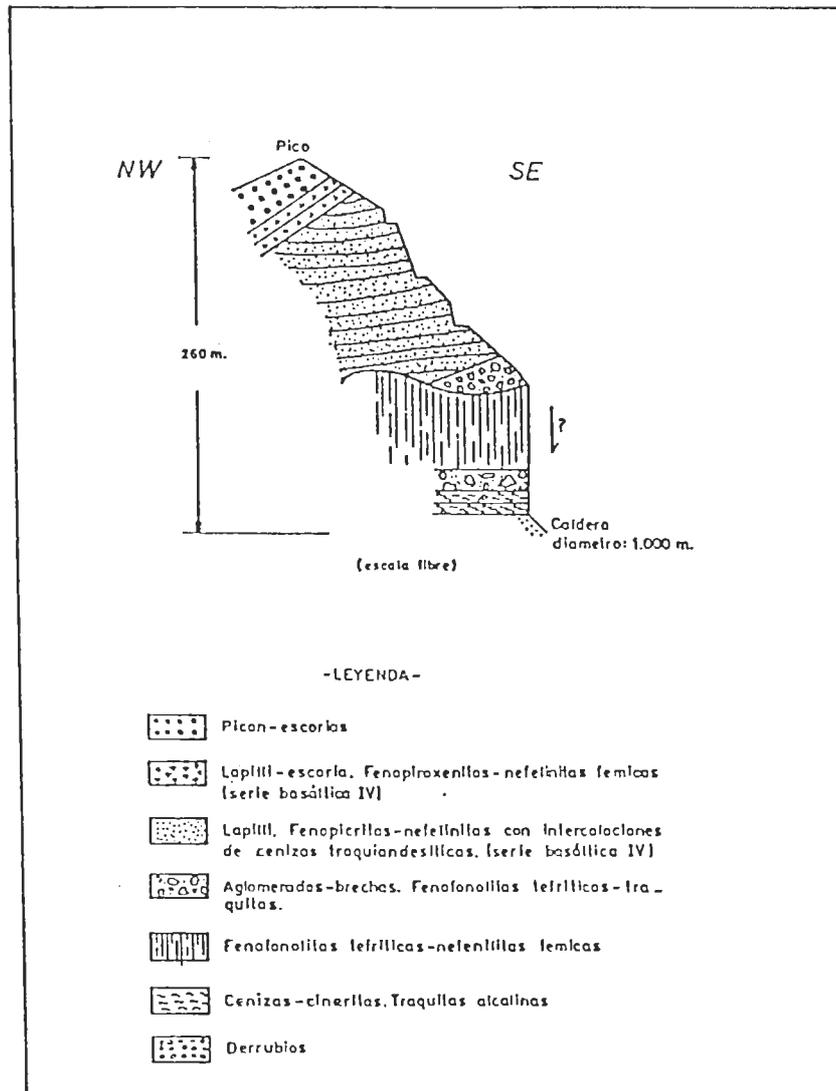
Esquema de la disposición de los principales elementos geológicos de las Cañadas del Teide (Tenerife), según Martínez de Pisón (1981).

Leyenda:

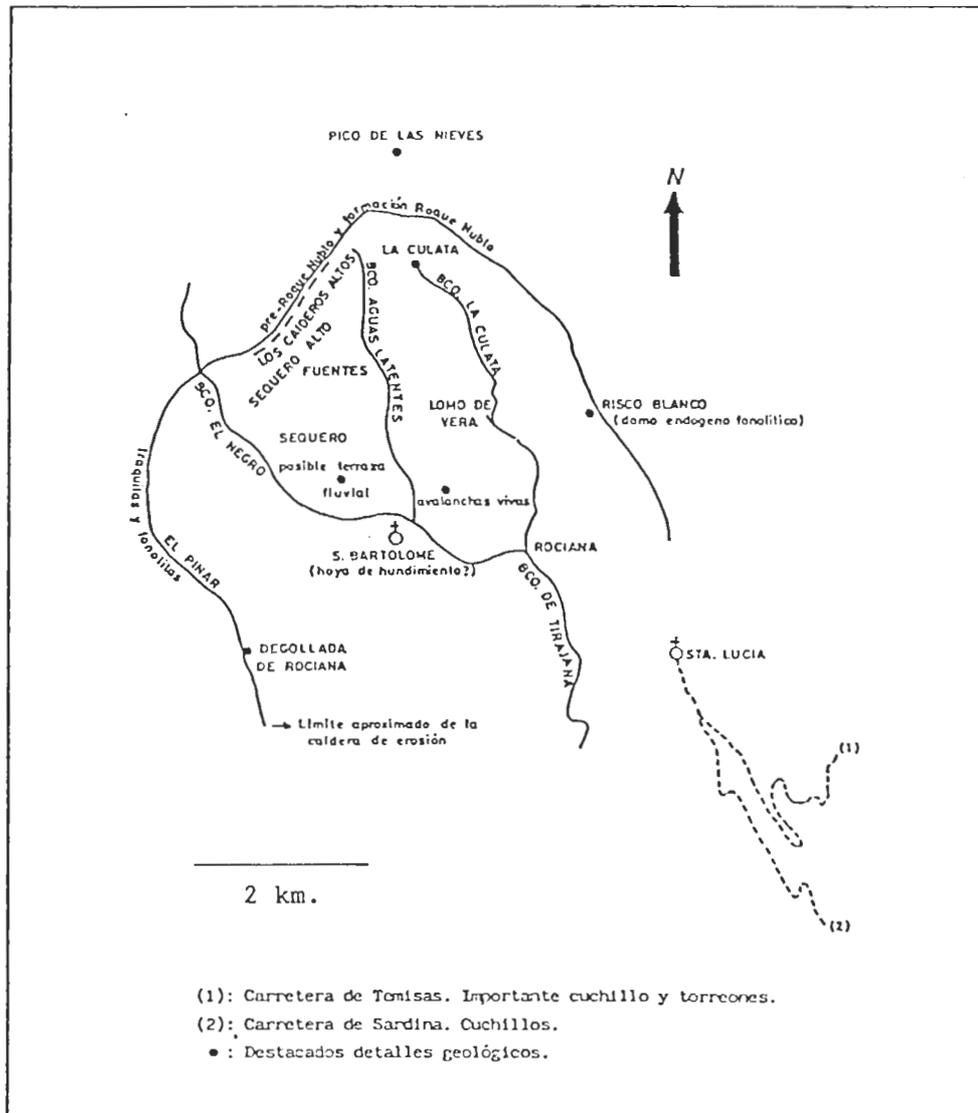
-  Pitón del Teide y culminación del Teide antiguo.
-  Coladas negras.
-  Domos y sus coladas.
-  Aparatos menores.
-  Erupción de las Narices del Teide.
-  Cráter.
-  Plataforma cratérica.
-  Cráter de explosión.
-  Roques.
-  Escarpe.
-  Escarpe de Las Cañadas.
-  Pared y talud del escarpe de Las Cañadas.
-  Principales depósitos al pie del escarpe de Las Cañadas occidentales.
-  Espigón en el escarpe.
-  Mesa en el dorso de Las Cañadas.
-  Cuenca de recepción.
-  Incisión torrencial.
-  Depósito torrencial.
-  Depósito endorreico.
-  Bordes de coladas del Teide y Pico Viejo.
-  Collados.
-  Hundimientos.
-  Pahoehoe de Pico Viejo.



Croquis fisiográfico-estructural de las Cumbres de Tejeda (Gran Canaria).



Corte del Pico y Caldera de Bandama. (Gran Canaria).



Caldera de erosión de Tirajana. (Gran Canaria).

LEYENDA DE LAS SIGLAS:

-  Coladas de la serie basáltica IV (del Montañón Negro).
-  Piroclastos de la serie basáltica IV.
- TTT Borde de la Caldera.
-  Diques del "cone sheet".
- Carretera.
-  Barrancos.
- A Arténara.
- B Bentaiga.
- D Desembocadura.
- LM Las Montañetas (Valleseco).
- MA Mesa de Acusa.
- MF Montaña de La Fuente.
- MH Montaña del Horno.
- MN Montañón Negro.
- MS Montaña de Sándara.
- PG Pinos de Galdar.
- RN Roque Nublo.
- T Tejeda.
- TA Tamadaba.
- V Valleseco.
- 1 Barranco de Tejeda.
- 2 Barranco del Chorrillo.

- 3 Barranco de Siberio.
- 4 Barranco de Merino.
- 5 Barranco de La Aldea de San Nicolás.

## 7. EL DRENAJE SUPERFICIAL EN LAS GRANDES CALDERAS CANARIAS.

Normalmente, en el ámbito de las grandes calderas, hay confluencias de barrancos para formar un solo cauce, de vertientes abruptas y cerradas, que atraviesa o corta los límites de la depresión.

Se puede citar dos ejemplos en Gran Canaria:

1. En el interior de la Caldera de Tirajana: En primer lugar confluyen los barrancos de El Negro y el de Agualatente, a la altura del pueblo de S. Bartolomé. A partir de esta jerarquización, el barranco recibe la denominación de Tirajana. Posteriormente, este se une al de La Cula ta, a la altura de Rosiana, con lo que se forma un único cauce, antes de abandonar el dominio de la caldera.

2. En la caldera de Tejeda: El proceso de jerarquización también define una salida única: el barranco de La Aldea, que resulta de las confluencias de los barrancos de Tejeda, del chorrillo y de Siberio, a parte de otros menos importantes.

## 8. CUENCAS ENDORREICAS EN RELACION CON LAS CALDERAS CANARIAS

El llano de Uanca, en Las Cañadas de Tenerife, nos sirve para ejemplarizar un modelo de cuencas endorreicas en el ámbito geográfico de las Islas Canarias, concretamente, en las grandes calderas.

El correspondiente potencial lago, que mejor cabe denominarlo como llano bloqueado, se localiza en el sur de la caldera, tiene unas dimensiones de 2'5 por 2 km., recibe las aguas de varios barrancos y es uno de los diversos casos de endorreismo en la zona.

El origen de los lagos está en el bloqueo del drenaje por las lavas procedentes de los volcanes del interior de la caldera, o incluso por estos mismos volcanes. Sin embargo, este carácter endorreico se podría perder por la ero-

si3n remontante de torrentes en la pared de la caldera, -  
ante cambios de pluviosidad. El inicio de este proceso ya  
se tiene en el Llano de Maja, al NE de Las Cañadas.

La secuencia sedimentol3gica generalizada en estas -  
cuencas, a veces fosilizadas por coladas, es, de techo a mu-  
ro:

1. Arcillas (en ocasiones con cantos superficia--  
les esparcidos).
2. Arenas y arcillas.
3. Arenas y gravas.
4. Bloques.
5. Dep3sitos de cantos que enlazan con los piede-  
montes.
6. Coladas l3vicas abiertas en abanico.
7. Nivel endorreico m3s antiguo.

La sedimentolog3a t3pica de las cuencas endorreicas,  
en un ciclo de evaporaci3n, en ambientes des3rticos, y tam-  
bi3n de techo a muro, ser3a:

1. Evaporitas.
2. Arcillas de neoformaci3n.
3. Arcillas detr3ticas.
4. Limos.
5. Arenas.

En los bordes lindantes con la pared de la Caldera -  
se localizan los piedemontes. Entre 3stos y los dep3sitos  
endorreicos se establece, en superficie, la secuencia:

bloques → gravas → arenas → arcillas

## 9. EL CONTENIDO GEOLOGICO DE LAS CALDERAS CANARIAS

Las calderas canarias encierran numerosos recursos geológicos de campo, de interés didáctico. A título de ejemplo, sea la Caldera de Taburiente, en la isla de La Palma. En esta gran depresión, se puede inventariar:

1. Jerarquización de barrancos de acuerdo con las peculiaridades en las grandes calderas. El barranco de Las Angustias (salida única) resulta de la siguiente secuencia de confluencias en el interior de la depresión:

Barranco Verdura Afonso + Barranco de La Desfondada → Barranco de Los Cantos + Barranco Almendro Amargo → Barranco de Las Angustias (potencial río si sus aguas no estuvieran encauzadas).

2. Grandes cascadas: La Desfondada, en la cabecera del barranco de Los Cantos.

3. Grietas de distensión por falta de apoyo lateral: Los Agujeritos.

4. Grandes bloques de desprendimiento (Sendero de La Farola). Los desprendimientos pueden determinar el bloqueo y desvío del cauce de barrancos (El Capadero).

5. Cicatrices de grandes desprendimientos (El A-taud).

6. Roques de interfluvio (monolitos isleños de erosión diferencial), formados por aglomerados volcánicos (fase terminal de los basaltos antiguos que descasan sobre el Complejo Basal): Roques del Huso, Idafe, etc.

7. Dique con estructura de zonación central cristalina (núcleo holocristalino de augita), en el sendero de La Farola.

8. Malla filoniana del Complejo Basal, sobre todo observable a lo largo del barranco de Las Angustias. Aquí están representados diques brechas y diques cortando a pillow-lavas.

9. Pillow-lavas basálticas, muy metamorfozadas y -

erosionadas, del Complejo Basal en el barranco de Las Angustias.

10. En realidad, toda la depresión representa una ventana erosiva, que permite observar las rocas más antiguas, el Complejo Basal, sobre las que se ha edificado la Isla.

#### 10. MODELO DE PRUEBA DE EVALUACION

A finales de junio de 1985, se inauguraron en Canarias dos observatorios astrofísicos, gracias a la colaboración científica europea. Uno de ellos, se encuentra ubicado en Izaña, en la isla de Tenerife, y el otro en el Roque de Los Muchachos, en la isla de La Palma.

Con motivo de estas inauguraciones, la prensa, radio y televisión hicieron interesantes reportajes, algunos de los cuales incluían descripciones de los entornos geográficos, concretamente de las calderas de Las Cañadas en Tenerife y de Taburiente en La Palma.

Ya que conoces lo fundamental de la Geología de tu tierra, podrás complimentar los siguientes apartados, en relación con estos peculiares escenarios de calderas:

- a) ¿Que se entiende por calderas?.
- b) ¿Cuales son los criterios para clasificarlas y denominarlas?.
- c) ¿Como clasificarías y denominarías las calderas de Las Cañadas y de Taburiente?.
- d) Históricamente ¿como han sido interpretadas las dos calderas citadas?, ¿como se las interpreta en la actualidad?, ¿como formularías sus historias geológicas?.
- e) ¿Cuales son las características fisiográficas de las mismas?.
- f) ¿Podrías inventariar y describir someramente sus principales rasgos geológicos (volcánicos, filonianos, geomorfológicos, etc.). En la geomorfología se debe indicar las pautas del drenaje superficial.
- g) ¿Cuales son otras conocidas calderas canarias en sentido estricto?.

## 11. CONCLUSIONES

1. Se acepta como "caldera" una gran depresión, en forma de cubeta circular o elíptica, independientemente de su génesis, siempre que esté en relieves volcánicos.

2. Estas formas se clasifican, por exigencias didácticas, y de acuerdo con criterios genéticos, en:

- calderas de hundimiento,
- calderas de explosión,
- grandes cráteres y
- calderas de erosión.

Todas ellas están representadas en el entorno geográfico de Canarias.

3. Las interpretaciones genéticas de las calderas de hundimiento y de explosión llevan implícitas características geoquímicas-eruptivas de los procesos volcánicos: Las calderas de hundimiento se relacionan con la emisión de grandes cantidades de materiales sálicos, o dacíticos-riolíticos, y el colapso de cámaras magmáticas superficiales. Algunas calderas de explosión tienen sus orígenes en las vaporizaciones de niveles freáticos, al ser atravesados por chimeneas volcánicas.

4. En general, las calderas canarias soportan sencillas historias geológicas.

5. Los recursos de campo de las calderas canarias dan una panorámica de geología regional. Permiten el desarrollo de una serie de tópicos sobre:

- Petrología ignea: vulcanología con sus estructuras, inyecciones filonianas, etc.

- Hidrología superficial: típica jerarquización de las aguas encauzadas, con la formación de un único cauce antes del abandono del ámbito de la caldera.

- Geomorfología: erosión de los relieves, con la formación de mesas, cuchillos y roques de interfluvios, de escarpados paredones con formas erosivas secundarias, etc.

- Sedimentología-estratigrafía: depósitos -

de deslizamientos-soliflucción y otros.

7. Los contenidos de las calderas pueden servir de base para el diseño de pruebas "creativas" de evaluación, dentro de un marco de Geología regional e histórica.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Araña, V.; Lopez, J. 1974. Volcanismo. Colegio Universitario-Editiones Istmo. Madrid. 481 pp.
- Araña, V.; Carracedo, J.C. 1978. Los volcanes de las islas canarias. I. Tenerife. Ed. Rueda. Madrid. 131 pp.
- Araña, V.; Carracedo, J.C. 1979. Los volcanes de las islas canarias II. Lanzarote y Fuerteventura. Ed. Rueda. Madrid. 176 pp.
- Araña, V.; Carracedo, J.C. 1980. Los volcanes de las islas canarias III. Gran Canaria. Ed. Rueda. Madrid. 175 pp.
- Benitez Padilla, Simón. 1945. Ensayo de síntesis geológico - del Archipiélago Canario. Las Palmas.
- Bourcart, J. y Jérémime, E. 1937. La Grande Canarie. "Bulletin volcanologique". Tome II. 2. Naples, (con mapa geológico de la Isla).
- Bravo, T. 1954. Geografía general de Canarias. Tomo I. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife.
- Bravo, T. 1964. Geografía general de Canarias. Tomo II. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife.
- Buch, Leopold von. 1825. Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln. Berlin.
- Decker, R.; Decker, B. 1981. Las erupciones del Monte Santa Elena. Investigación y Ciencia nº del mes de mayo. -- 30-44.
- Escher, B.G. 1929. On the formation of calderas. Leidsche -- geol. med., 3.

- Fernandez, L. 1917. Le Pic de Teyde et la region de Las Cañadas. Comptes Rendus de l'Academie de Sciences de Paris. Tome CLXV. Paris.
- Fernandez, L. 1925. Datos sobre el volcanismo Canario. Bulletin Volcanologique. Tome II. Napoli.
- Fernandez, L. 1926. Iles Canaries. Excursion A 7. XIV Congrès géologique International. Madrid.
- Francis, P. 1983. Calderas gigantes. Investigación y Ciencia. nº de agosto, 33-43.
- Francis, P.; Self, S. 1984. La erupción de Krakatoa. Investigación y Ciencia. nº de enero. 88-101.
- Fuster, J.M. y colaboradores. 1968. Geología y volcanología de las Islas Canarias: Tenerife. Instituto "Lucas Mallada" C.S.I.C. Madrid.
- Fuster, J.M. y colaboradores. 1968. Geología y volcanología de las Islas Canarias: Fuerteventura. Instituto "Lucas Mallada". C.S.I.C. Madrid.
- Fuster, J.M. y colaboradores. 1968. Geología y volcanología de las Islas Canarias: Lanzarote. Instituto "Lucas Mallada". C.S.I.C. Madrid.
- Fuster, J.M. y colaboradores. 1968. Geología y volcanología de las Islas Canarias: Gran Canaria. Instituto "Lucas Mallada". C.S.I.C. Madrid.
- Fritsch, Karl von, y Reiss, W. 1858. Geologische Beschreibung der Insel Tenerife. Ein Beitrag zur Kenntnis vulkanischer Gebirge. Winterthur.
- Gagel, Curt. 1908. Die Caldera von La Palma. "Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde". Berlin.
- Gagel, Curt. 1925. Begleitworte zu der geol. Karte von Gomera mit einem Anhang über die Calderafrage. "Zeitschr. der deutschen geol. Gesellschaft", Band 77. Heft 4. Berlin.

Hartung, Georg. 1857: Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura. "Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften". Zürich.

Hausen, H. 1949. Om calderabildningar med särskild hänsyn till Kanarieöarna. "Societas Cient. Fennica". Arsbok -- XXVIII. B. 2. Helsingfors.

Hausen, H. 1956. Fuerteventura. Some geological and geomorphological aspects of the oldland of the Canarian Archipelago. "Acta Geographica", 15. N<sup>o</sup> 2. Helsingfors.

Hausen, H. 1956. Contributions to the geology of Tenerife (Canary Islands). "Soc. Scient. Fenn. Commentationes Physico-mathematicae", XVIII, 1. Helsingfors, (con mapa geológico).

Hausen, H. 1958. On the geology of Fuerteventura (Canary Islands). "Soc. Scient. Fenn. Commentationes Physico-mathematicae", XXII, 1. Helsingfors, (con mapa geológico).

Hausen, H. 1958. Contribución al conocimiento de las formaciones sedimentarias de Fuerteventura. "Anuario de Estudios Atlánticos". N<sup>o</sup> 4. Madrid-Las Palmas.

Hausen, H. 1959. On the geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas. "Soc. Scient. Fenn. Comment. Math. et Phys.", XXIII. N<sup>o</sup> 4. Helsingfors (con mapa geológico).

Hausen, H. 1960. Las "Calderas canarias". Anuario de Estudios Atlánticos. n<sup>o</sup> 6. 133-193.

Hausen, H. 1961. Canarian Calderas. A short review based on personal impressions 1947-1957. Suomen Geologinen Seura. 75-vuotis-Juhlajulkaisu. (Jubilee Publ. of the 75th Anniversary of the Geological Society of Finland). - M:o 196. Helsinki.

Hausen, H. 1962. New contributions to the Geology of Grand Canary (Estudio patrocinado por el Museo Canario, Las Palmas). Centraltryckeriet. Helsinki-Helsingfors. 440 pp. (con mapa geológico).

- Hernán, F. 1976. Estudio petrológico estructural del Complejo Traquisienítico de Gran Canaria. Estudios Geológicos, 32, 279-324.
- Hernández Pacheco, E. 1909. Estudio geológico de Lanzarote y de las Isletas Canarias. "Memorias de la Sociedad Española de Historia Natural". Tomo IV. Madrid. (con mapa geológico en colores).
- Jones, W. 1985. Discussion on the geological evolution of the trachytic caldera volcano Menengai, Kenya. Rift Valley. J. geol. Soc. London, 142, 711-712.
- Knebel, W. von. 1906. Studien zur Oberflächengestaltung der Insel Palma und Ferro. "Globus". Band XC. Braunschweig.
- Knebel, W. von. 1907. Der vulkanische Aufbau der Insel Gran Canaria. "Globus". Band XCLI. Braunschweig.
- Leat, P. 1983. The structural and geochemical evolution of Menengai Caldera Volcano, Kenya Rift Valley. Unpubl. - PhD. Thesis, Univ. Lancaster.
- Leat, P. 1984. Geological evolution of the trachytic caldera volcano Menengai, Kenya Rift Valley. J. geol. Soc. London, 141, 1057-69.
- Lyell, Charles. 1868: A manual of elementary Geology. London, 1855. The principles of Geology. Vol. II. 10<sup>th</sup> edition. - London.
- Macau, F. 1959. Las calderas de Gran Canaria. Anuario de Estudios Atlánticos, nº 5. 9-35 pp.
- Martinez, J. 1983. Geología de las islas canarias. I.C.E. Universidad Politécnica de Las Palmas.
- Martinez, J. 1984. Formas y estructuras en rocas volcánicas e hipoabisales. I.C.E. Universidad Politécnica de Las Palmas. 52 pp.
- Martinez, J. ; Cabrera, H. ; Casas, D. ; Menendez, I. ; Montañola, M<sup>a</sup> ; ; Pedrero, J. y De Saa, Rosa. 1984. Bases didácticas para

- la utilización de los recursos en Geología. Fuerteventura-84. Publicaciones del Colegio de Doctores y Licenciados. Las Palmas. 35 pp.
- Martinez, J. 1984. Recursos de campo en la didáctica de la Geología. I.C.E. Universidad Politécnica de Las Palmas. 97 pp.
- Martinez, J. 1985. Itinerarios geológicos: Lanzarote. I.C.E. - Universidad Politécnica de Las Palmas. 72 pp.
- Martinez de Pisón, E.; Quirantes, F. 1981. El Teide. Estudio geográfico. Editorial Interinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife.
- Mitchell-Thomé, R.C. 1976. Geology of the middle atlantic islands. Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- Reck, H. 1910. Über Erhebungskratere. "Zeitsch. d. d. Geol. Ges". Band 60. Berlin.
- Reck, H. 1928. Zur Deutung der vulkanischen Geschichte und der Calderabindung auf der Insel La Palma. "Zeitschrift für Vulkanologie". Vol. II. Berlin.
- Rittmann, A. 1963. Les volcans et leur activité. Masson et Cie. Paris. 461 pp.
- Rothpletz, A. 1889. Das thal von Orotava auf Tenerife. "Petermanns geogr. Mitteilungen". Band 35. Gotha
- Sandberg, C.G.S. 1927. On a new basis of solution of the caldera-problem and some associated phenomena. Proc. Kon. Akad., 31. Amsterdam.
- Schmincke, H.U. y Swanson, D.A. 1966. Eime alte Caldera auf Gran Canaria?. N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 260-269.
- Streckeisen, A.L. 1967. Classification and nomenclature of igneous rocks. Geologische Rundschau. 63, 2. 773-786
- Webb, P. y Berthelot, S. 1838. Histoire naturelle des Iles - Canaries. "Géologie". Paris.

Williams, H. 1941. Calderas and Their origin. Bull. of the Department of Geol. Sc. University of California.

Wolff, F. von. 1931: Der Vulkanismus. II Band. Spezieller Teil. 2. Teil. Die Alte Welt. 1. Lieferung. Der Atlantische -- Ozean. Stuttgart.

