

ESPECIAL CANARIAS



Tierra y tecnología

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

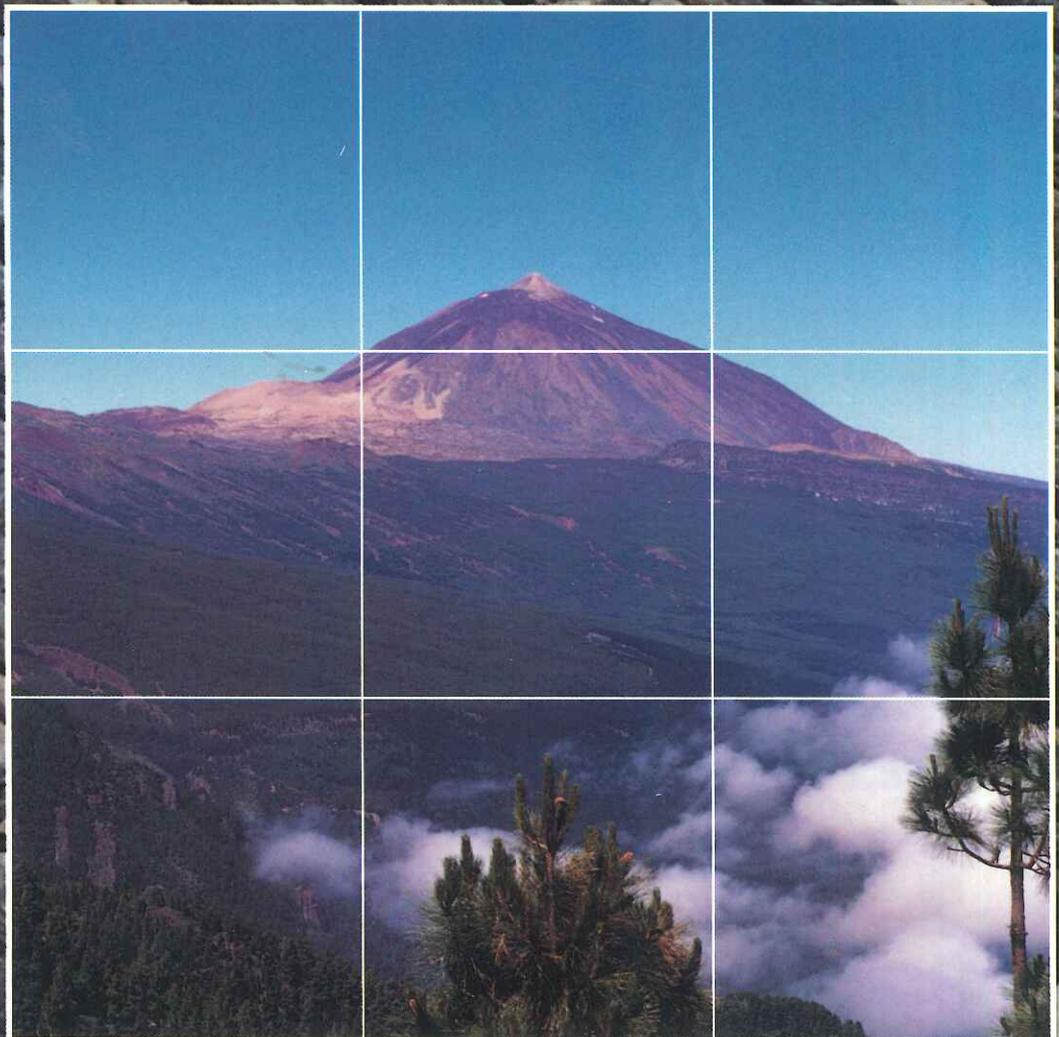
CUARTO TRIMESTRE. 750 PTAS.

Geología del Archipiélago Canario

Volcanismo activo y medio ambiente

Itinerarios geológicos del archipiélago

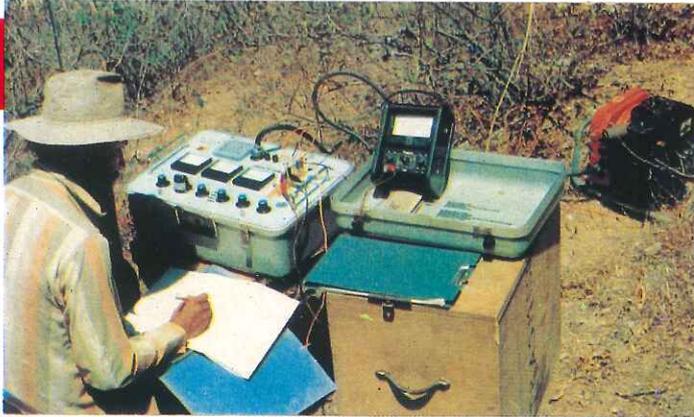
Espacios naturales protegidos



NUMERO 6. 1993



e. n. adaro



e. n. adaro



e. n. adaro



*** GEOLOGIA BASICA, EXPLORACION, PROSPECCION ***

*** INVESTIGACION E INGENIERIA MINERA ***

*** HIDROGEOLOGIA * SONDEOS * GEOTECNIA * MEDIO AMBIENTE ***

SERVICIOS

Geología
Geofísica
Geoquímica
Hidrogeología y Geotermia
Teledetección
Sondeos
Geotécnica y Geomecánica

Geomatemática
Cartografía Automática
Investigación de Yacimientos
Rocas y Minerales Industriales
Estudios Económico-Mineros
Ingeniería Minera
Seguridad Minera

Procesos Mineralúrgicos
Medio Ambiente Industrial y Minero
Residuos Sólidos Urbanos e Industriales
Laboratorios Químicos
Laboratorios Mineralógicos
Laboratorios de Medio Ambiente
Laboratorios de Carbones

EMPRESA NACIONAL ADARO, S. A.

Polígono Los Olivos - Camino Alto de los Llanos - Carretera de Andalucía Km 12

Teléfono: 5029100 Fax: 5029142

28906 GETAFE - MADRID

EDITA

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

ADMINISTRACION Y REDACCION

Avda. de Reina Victoria, 8-4.º B
28003 MADRID
Teléfono 91-5532403

DIRECTOR

Manuel Rolandi Sánchez-Solís

SUBDIRECTOR

José Casas Ruiz

MARKETING Y PUBLICIDAD

Enrique Pampliega Higuera

COORDINACION DE EDICION

M.ª del Carmen Cabrera Santana

COMITE EDITORIAL

José Casas Ruiz,
Juan José Durán Valsero,
Michael van der Meer,
Manuel Regueiro y González-Barros
Jesús Rey de la Rosa,
Jesús Rodríguez Jurado,
Manuel Rolandi Sánchez-Solís y
Peter F. Wouters

COLABORADORES

J. L. Barrera Morate
J. C. Carracedo
J. S. Cerrato
R. Díez Criado
A. Fernández de Tejada
P. A. García de Jalón
A. González del Pino
J. Jiménez Suárez
J. Mangas Viñuela
J. Meco
F. J. Pérez Torrado
J. A. Rodríguez Losada
I. Rogel Jorge

DISEÑO GRAFICO DE PORTADA

Equipo Franja diseño

FOTOCOMPOSICION E IMPRESION

Gráficas Summa, S. A.

EN PORTADA

Vista panorámica del Valle de
La Orotava y del Teide
Autor: J. A. Rodríguez Losada

ISSN: 1131-5016

Depósito legal: M. 10.137-1992

Editorial 5

hidrogeología

«El Plan Hidrológico del Archipiélago Canario». José Jiménez Suárez..... 7

itinerarios geológicos

Itinerario geológico por Tenerife. José Antonio Rodríguez Losada 13

Excursión geoturística por Gran Canaria. Francisco José Pérez Torrado
y José Mangas Viñuela..... 19

cartografía

La cartografía geológica en las Islas Canarias. José Luis Barrera Morate..... 27

filatelia

Dinosaurios hasta en... los sellos. Manuel Rolandi Sánchez-Solís..... 33

minería

«Mineralizaciones de tierras raras: Los complejos de rocas plutónicas
alcalinas y carbonatitas del complejo basal de Fuerteventura (Islas Canarias).
José Mangas Viñuela y Francisco José Pérez Torrado 35

paleontología

Testimonios paleoclimáticos en Fuerteventura. Joaquín Meco 41

medio ambiente

Los Parques Nacionales Canarios Antonio Fernández de Tejada..... 49

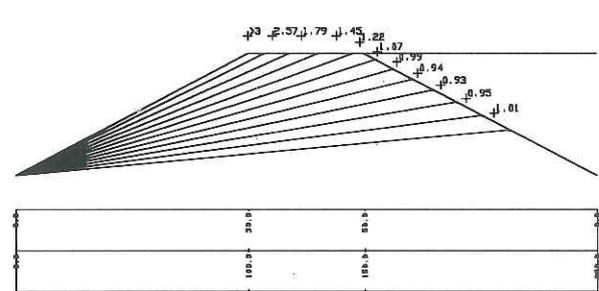
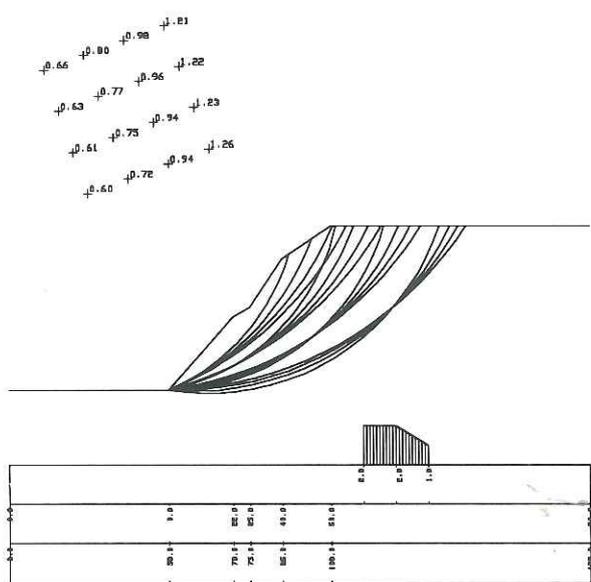
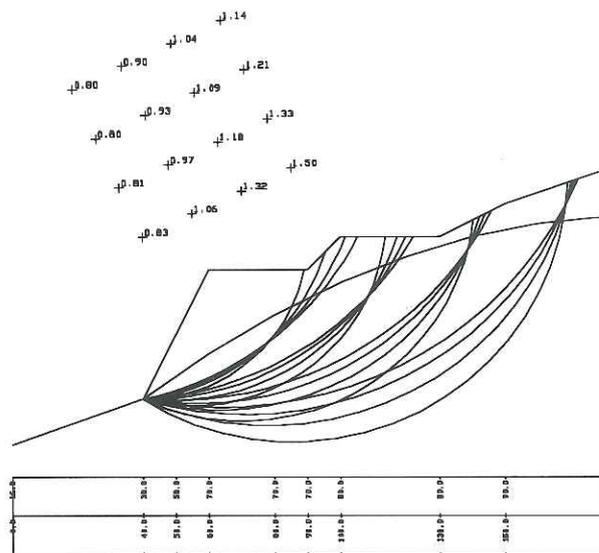
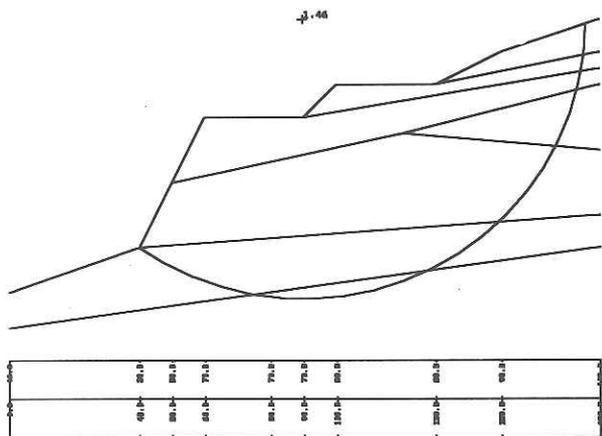
Situación de las evaluaciones de impacto ambiental en Canarias.
Adalberto González del Pino..... 53

Volcanismo Activo y Medio Ambiente en las Islas Canarias.
J. C. Carracedo 61

Riesgos naturales en Canarias. José Sansón Cerrato..... 71

Comentarios y aspectos técnicos de la gestión medioambiental de canteras
en la Isla de El Hierro. Patricia Amor García de Jalón, Rosa Díez Criado e
Isolina Rogel Jorge 77

normativa y publicaciones 82



I.L.A. Interactive Landslide Analysis

I.L.A. es un programa en castellano para verificar la estabilidad de las pendientes y proyectar las obras de contención. Permite analizar pendientes homogéneas o estratificadas con superficies de deslizamiento circulares, no-circulares y planas, y simular el comportamiento del tipo de obra a proyectar teniendo en cuenta sobrecargas y empujes hidráulicos.

Pídanos el catálogo y un demostrativo gratuito llamando a los números indicados.

geo&soft[®]

C/ Llacuna, 162 08018 BARCELONA
Tel 93 401 98 29 Fax 93 401 96 99

EDITORIAL



M.ª del Carmen Cabrera Santana

Licenciada en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca en 1985. Su labor profesional ha estado siempre ligada a las Islas Canarias, colaborando en la redacción de la sedimentología en el MAGNA de Gran Canaria. Desde 1987, trabaja fundamentalmente en el campo de la Hidrogeología, primeramente en el Instituto Tecnológico Geominero de España y después en la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias.

Fue en el pasado Congreso Español de Geología en Salamanca cuando se planteó la posibilidad de dedicar un número de *Tierra y Tecnología* a las Islas Canarias. Esta idea tuvo una estupenda acogida entre los profesionales que están vinculados de una u otra forma al Archipiélago, y fruto de ello es este número que ahora presentamos. En él trataremos de dar un paseo por la realidad geológica de nuestro Archipiélago, paseo a veces lúdico y otras veces no tanto, paseo que no sólo lo es en el sentido literal, sino que se interna muchas veces en una problemática compleja.

El Archipiélago Canario, con una superficie total de 7.446,6 km² (muy desigualmente repartida), se compone de siete islas (Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, Gomera, La Palma y Hierro) y cuatro islotes (Alegranza, La Graciosa, Montaña Clara y Lobos). Se encuentra al Noroeste del continente africano separado por una brecha de apenas 100 km, aunque diversas circunstancias condicionan que la vinculación con este continente sea prácticamente nula. Su naturaleza es, sin embargo, innegablemente atlántica, participando de rasgos comunes con los espacios insulares vecinos y formando un ámbito ecológico peculiar: el Macaronésico. Por otro lado, su situación geográfica condiciona el marcado carácter fronterizo que siempre han tenido las islas, tanto por su evocación de *finis terris* en épocas clásicas como por ser el último baluarte de la civilización europea antes del descubrimiento de América y en la exploración de la costa Occidental Africana.

En cuanto a la tectónica global, las Islas Canarias se encuentran en un margen continental pasivo, aunque la propia existencia del Archipiélago es una muestra de la no total "pasividad" del mismo. Una compleja evolución geológica en la que se han sucedido fenómenos de sedimentación, volcanismo submarino, intrusión filoniana, intrusiones plutónicas, emisiones volcánicas subaéreas, acompañadas de fenómenos de distensión y otros de compresión, indican una intensa actividad que no tiene nada que envidiar a la de los márgenes activos. Desde las hipótesis fantásticas que hacían de Canarias un resto de la Atlántida, muchas han sido las teorías que intentan explicar el origen de las islas. Actualmente aún existe la polémica entre aquellas hipótesis que hablan de un punto caliente más o menos complejo, otra que asocia los ciclos eruptivos canarios a las principales fases dinámicas del Atlas africano y finalmente la que supone bloques insulares diferencialmente elevados como respuesta al giro o detención del continente africano sin que se interrumpiese la distensión mesoatlántica.

Desde el punto de vista humano, y según los cánones tradicionales de utilidad agrícola, varios hechos han puesto en entredicho el tópico de "Islas Afortunadas": la configuración montañosa de las islas que condiciona la existencia de abruptas pendientes; la naturaleza volcánica de las mismas que da lugar a un medio natural jalonado de conos, calderas, malpaisés y suelos poco evolucionados y el clima, que a pesar de su bonanza en cuanto a temperaturas, hace del archipiélago un país sediento. Aunque el paso de una sociedad agrícola a otra que depende eminentemente del turismo desde hace treinta años haya cambiado en cierto modo la valoración del medio, no deja de ser chocante que Canarias soporte la mayor sobreocupación de España y Europa, con una densidad media de 200 habitantes por km² (la media española no supera aún los 80). En Gran Canaria estos valores se disparan a 420 habitantes por km² y en Tenerife a 300 habitantes por km².

El conocimiento de la geología básica, compleja y en parte todavía por estudiar, es el marco de partida para todo el trabajo en nuestro campo. El desarrollo del plan MAGNA, llevado a cabo en los últimos años y todavía en curso, supone un fuerte avance en el conocimiento básico de la geología insular. Asimismo, la existencia de varios equipos de investigación que centran su trabajo en las islas, bien desde los Organismos de Investigación Canarios o desde fuera, contribuye en gran medida a fortalecer este conocimiento.

Hasta hace poco tiempo, los geólogos que trabajaban en las Islas, estaban dedicados fundamentalmente a la docencia y la presencia de nuestra profesión en la sociedad canaria, a todos los niveles, era escasa. Sin embargo, las circunstancias que configuran el quehacer diario del profesional de la geología en las islas están cambiando lentamente en los últimos años con la incorporación al mundo laboral de jóvenes geólogos, principalmente en áreas de geología aplicada (Geología Ambiental, Hidrogeología, etc). Este cambio conlleva la ocupación de parcelas afines a la geología hasta ahora invadidas, de manera más o menos afortunada, por otras profesiones de mayor implantación en el archipiélago, lo que lógicamente crea ciertas tirantezas.

El presente número de "Tierra y Tecnología" es una muestra de este quehacer y en él se recopilan diversos artículos y opiniones relacionadas con las Ciencias de la Tierra en el Archipiélago Canario. En todo caso, y como dijo el poeta Tomás Morales, "*A nuestras islas, encantadas de sol y mar, se bienvenido*".

PLAN DE PENSIONES DE LOS GEOLOGOS



ESTAS SON ALGUNAS DE SUS VENTAJAS:

- * Le ayudará a mantener su nivel de vida cuando se jubile
 - * Las aportaciones efectuadas son fiscalmente deducibles
 - * Por ser exclusivo para los geólogos, el Plan tiene una reducción de gastos, de este modo su ahorro es más rentable
 - * El Plan está gobernado por los geólogos
-
- SI USTED YA TIENE UN PLAN DE PENSIONES INDIVIDUAL, PUEDE TRASPASARLO AL PLAN DE LOS GEOLOGOS Y BENEFICIARSE ASI DE SUS VENTAJAS.
 - SI USTED TODAVIA NO TIENE UN PLAN DE PENSIONES, ESTA ES UNA VENTAJOSA OPORTUNIDAD.

Para ampliar información sobre alguno de estos servicios, diríjase al Colegio Oficial de Geólogos o bien a cualquier sucursal del Grupo Banco Popular.

tu futuro, nuestro futuro

«EL PLAN HIDROLOGICO DEL ARCHIPIELAGO CANARIO»



José Jiménez Suárez

Es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y ha desempeñado su labor profesional como funcionario del Estado, siempre dentro del campo de la Hidrogeología. Es Profesor asociado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en la asignatura de «Geología y Geotecnia». Actualmente ocupa el cargo de Director General de Aguas del Gobierno de Canarias.

Se analizan en este artículo los diferentes aspectos que condicionan la elaboración del Plan Hidrológico de las Islas Canarias, así como los principales problemas a los que se enfrenta el Archipiélago en materia de Aguas.

This article is a discuss about water resources in the Canary Islands and the main problems of Canarian Hidrologic Plan.

1.-La planificación hidrológica

El Plan Hidrológico de las Islas Canarias, tiene por objeto la ordenación y coordinación del conjunto de la planificación hidrológica de las islas. Se intenta con él definir las líneas directrices de la política hidráulica en Canarias para los próximos veinte años, contemplando las peculiaridades de cada isla.

El agua, en Canarias siempre ha sido un recurso escaso, que ha condicionado de forma drástica el proceso de desarrollo de la economía regional. El crecimiento demográfico y el desarrollo económico, basado este último principalmente en la agricultura de exportación y el turismo, han producido y producen en la actualidad demandas cada vez más exigentes, en cantidad y en calidad. El agotamiento del recurso afecta a la propia calidad del agua y a su entorno ambiental, coartando gravemente el desarrollo y el futuro del colectivo social canario.

La correcta gestión y preservación del recurso hace necesario una cuidada planificación que comprometa en su elaboración y aplicación a las instituciones y a la sociedad toda.

En Canarias, la planificación hi-

dráulica ha recibido una gran atención en los últimos treinta años, y es la Ley de Aguas de Canarias de junio de 1990, la que establece claramente que la planificación hidrológica es pieza fundamental de la política hidráulica y en tal sentido, define la obligatoriedad de su formulación, así como su contenido y los órganos responsables de su elaboración.

2.-Escenarios socioeconómicos

Los criterios adoptados en la elaboración del Plan Hidrológico Regional se basan forzosamente en las profundas transformaciones sufridas por la Comunidad de Canarias en el último medio siglo, y más especialmente en la última década, con la instauración del Gobierno Autónomo y la incorporación de España, y de Canarias en particular, a la Comunidad Europea.

A mediados del siglo XX, la población canaria es predominantemente rural asentada en pequeños municipios y caseríos dispersos, cuya actividad principal son los monocultivos de exportación, principalmente plátano y tabaco.

Hasta los años 60, las condiciones de abastecimiento de agua y saneamiento de la población son típicamente tercermundistas. La gran mayoría de las viviendas, carecen de agua corriente, abasteciéndose de fuentes, manantiales o pozos someros. La agricultura acapara la explotación intensiva de los acuíferos, con un descenso paulatinamente acelerado de los niveles piezométricos en las islas mayores, al superar con creces las extracciones a las recargas (por zonas). La tecnología artesanal de excavación de pozos (Gran

«El agua en Canarias siempre ha sido un recurso escaso, que ha condicionado de forma drástica el proceso de desarrollo de la economía»



Manantiales de Cordero (La Palma).

Canaria) y galerías (Tenerife) alcanza sus calidades más elevadas en los años sesenta/setenta, con profundidades hasta de cuatrocientos metros en los pozos, y galerías de cuatro y cinco kilómetros de longitud. Esta labor artesanal de construir los caminos del agua tiene como protagonistas a unos sufridos «**mineros**» canarios que se dedicaban a estas actividades, desde aquí dedicamos un merecido homenaje a esta pléyade de auténticos héroes anónimos, muchos de los cuales dejaron sus vidas en el empeño.

La década de los 60 inicia una transformación estructural de la economía canaria, cuyo proceso aún no ha concluido. Se inicia el boom turístico, al mismo tiempo que la agricultura de exportación se diversifica y tecnifica progresivamente, con importantes repercusiones en el mercado del agua. Decece progresivamente el significado económico de los puestos francos (debido al proceso de sustitución y/o liberación de las importaciones en la Península), mientras que los servicios portuarios a las flotas pesqueras internacionales sufren un severo retroceso por la nacionalización de las plataformas costeras. Sin embargo, el desarrollo de las construcciones y el incremento de los empleos turísticos (directos y de servicios afines), inicia el proceso de transformación social y la elevación del nivel de vida, con el consiguiente aumento de las demandas de agua de los núcleos urbanos principales, en competencia con el consumo agrícola.

En los años 70 se inicia la era de la producción industrial de agua, con la potabilizadora de Lanzarote y la planta dual de Las Palmas de Gran Canaria. Paradójicamente, la calidad del agua se convierte en el problema más grave de las islas con mayores recursos hídricos naturales, al contrato de las islas orientales, obligadas a la desalación marina.

En la década de los 80, la concienciación sobre el innegable deterioro del medio ambiente en general y de los acuíferos en particular, en volúmenes y calidades, tal como habían previsto los estudios SPA-15 y MAC-21, contribuyen a plantear la racionalización de la explotación de los recursos hídricos en Canarias, mediante la aprobación de la nueva Ley de Aguas, así como a acometer una política de producción industrial del agua y la reutilización en riego de las aguas tratadas, procedentes de vertidos urbanos. La propia legislación de la Comunidad Europea impone standards más exigentes en el abasto, los vertidos y la protección del litoral marino y de los acuíferos, lo que facilita a su vez la mayor disponibilidad de recursos comunitarios y nacionales para Canarias.

Es evidente que la oferta de agua en calidad y cantidad sigue siendo la restricción más importante para el desarrollo del Archipiélago. Los altos precios y la baja calidad del agua reducen drásticamente la competitividad de la agricultura de exportación; las deficiencias de abasto y saneamiento de los núcleos urbanos frenan la etapa de

urbanización que aún se está desarrollando en Canarias y la posible inmigración europea. La necesidad de preservar el medio ambiente es imperiosa ante la evidente degradación generalizada de los acuíferos y de los graves impactos negativos en la fauna y flora del paisaje canario, consecuencia de actividades que, en su día, tuvieron cierta justificación para conseguir un cierto despegue económico pero que actualmente son ya totalmente inadmisibles.

La oferta de agua debe de anticiparse a las demandas futuras. El usuario urbano, turístico, industrial, está en perfectas condiciones de amortizar (en diez o quince años) las inversiones hidráulicas, incluso a precios aparentemente escandalosos, dada la escasa incidencia de la cuenta del agua en la cesta de la compra o en el producto industrial terminado. Pero los usuarios, residentes actuales de hecho o turistas futuros sin identificar, no están en condiciones de adelantar las importantes inversiones necesarias, con una anticipación de diez o más años.

Independientemente de que Municipios, Cabildos y Gobierno de Canarias procedan a una revisión sustancial de las tarifas del agua, que posibiliten la operación, el mantenimiento y la amortización de las instalaciones, es evidente que corresponde a la Administración Pública realizar las inversiones necesarias para satisfacer las demandas reales de agua, actuales y futuras. Aún más, es necesario prever los escenarios más ambiciosos de las posibles evoluciones de la demanda, para evitar que una planificación defectuosa coarte eventuales alternativas de desarrollo.

Ni la agricultura ni el medio ambiente (los acuíferos) están en condiciones de soportar precios elevados del agua. Sin embargo, el usuario urbano, industrial y turístico están en condiciones, mediante una adecuada planificación de los recursos hídricos, de suministrar agua para el consumo agrícola y/o la recarga de acuíferos a precios razonables. La producción industrial de agua para abasto urbano y turístico, el tratamiento de los vertidos para su reutilización agrícola y la recarga de acuíferos en las franjas costeras para impedir las descargas al mar, son elementos estrechamente interligados para una adecuada solución de las necesidades de agua en Canarias.

Cuadro II.1.1.

Distribución sectorial del Producto Interior Bruto al coste de los factores

AÑO	TOTAL		AGRICULTURA Y PESCA		INDUSTRIA		CONSTRUCCION		SERVICIOS	
	10 ⁶ Ptas.	%	10 ⁶ Ptas.	%	10 ⁶ Ptas.	%	10 ⁶ Ptas.	%	10 ⁶ Ptas.	%
1973	123.135	100	13.195	11,3	17.592	14,3	16.002	13,0	76.626	61,4
1975	424.429	100	36.082	8,5	46.671	11,0	42.603	10,0	299.123	70,5
1985	980.834	100	50.369	5,1	106.546	10,9	94.119	9,6	729.800	74,4
1989	1.762.332	100	79.596	5,4	202.591	11,5	212.893	12,1	1.267.252	71,9
1991	2.065.442	100	77.078	3,73	223.480	10,82	228.310	11,05	1.536.688	74,4

3.-Marco general y objetivos del Plan Hidrológico

3.1.-Singularidad

La planificación hidrológica del Archipiélago Canario reviste caracteres que la diferencian radicalmente de la planificación por cuencas de aguas superficiales en la Península Ibérica. Tales caracteres diferenciales son los siguientes:

a) **Insularidad:** El Plan Hidrológico Regional (en lo sucesivo, PHR), en cuanto a recursos físicos, infraestructura hidráulica y energética, será el agregado de siete Planes Hidrológicos Insulares que constituyen siete sistemas hidrológicos independientes, al servicio de la Comunidad Autónoma de Canarias.

b) **Tipo de recurso:** Los recursos hídricos, según su origen, tienen actualmente la distribución indicada en el

«La correcta gestión y preservación del recurso hace necesario una cuidada planificación que compromete en su elaboración y aplicación a las instituciones y a la sociedad toda»

Cuadro II.1.1. Al contrario de las demás cuencas españolas, el agua procede en su casi totalidad de los acuíferos subterráneos y, de forma creciente en sentido oriental de la desalación del agua del mar. La reutilización de aguas residuales para riego constituye tam-

bién un elemento básico de la planificación.

c) **Propiedad del agua y de la infraestructura de transporte:** Aunque, según la Ley de Aguas, el agua de los acuíferos es de dominio público, el agua es alumbrada, en su mayor parte, por empresas privadas, cooperativas y particulares. Estas entidades, o sus accionistas, son los propietarios del agua. Las líneas de transporte, que en las islas mayores interconectan prácticamente todas las zonas de producción y de consumo, también son privadas, en su mayoría.

d) **Estructura económica:** Canarias tiene actualmente una estructura económica polarizada exclusivamente alrededor del turismo, con importancia decreciente de la agricultura bajo riego para la exportación (ver Cuadro II.1.2.). También este carácter es único en España, afectando sensiblemente el enfoque de la planificación hidrológica.

Cuadro II.1.2.

	RECURSOS (Hm ³ /año)				CONSUMOS (Hm ³ /año)				
	Subter.	Superf.	Otros	TOTAL	Urbano	Turíst.	Indust.	Agrario	TOTAL
Gran Canaria	107,0	11,0	12,0	130,0	38,0	15,0	2,0	75,0	130,0
Fuerteventura	2,5	1,2	2,5	6,2	1,6	1,1	-	3,5	6,2
Lanzarote	0,4	0,2	4,4	5,0	3,4	1,5	0,1	-	5,0
Tenerife	213,0	1,0	10,0	224,0	60,0	17,0	5,0	114,0	196,0
Las Palmas	65,9	4,5	-	70,4	3,6	-	-	62,6	66,2
Gomera	8,5	3,0	-	11,5	1,1	-	-	10,4	11,5
Hierro	1,5	-	-	1,5	0,2	-	-	1,3	1,5
TOTAL ARCHIPIELAGO	398,8	20,9	38,9	448,6	107,9	34,6	7,1	266,8	416,4

3.2.-Equidad

En el Archipiélago Canario, las características de los ecosistemas de cada isla están netamente diferenciadas. Sin embargo, manteniendo el principio de la igualdad de derechos y obligaciones de todos los ciudadanos, el PHR debe garantizar una distribución equitativa de actuaciones en todas las islas, conforme a criterios de priorización comunes a todo el colectivo social de la Región.

3.3.-Responsabilidad

Se plantea la racionalización de la explotación de los recursos hídricos, con vistas a la conservación del medio ambiente y, dentro de lo posible, la recuperación de los acuíferos. El PHR deberá incorporar el principio de responsabilidad de los individuos y las colectividades por las agresiones al medio ambiente (contaminación, despilfarro, extinción de fauna y flora, insularidad social frente a las generaciones actuales y futuras, etc.), en el sentido de que actuaciones irresponsables y egoístas deben asumir los costos directos, indirectos e intangibles correspondientes (el despilfarro es un lujo, el que contamina paga, etc.).

3.4.-Solidaridad social

Canarias, con una de las rentas per cápita más bajas y uno de los niveles de desempleo más altos de España, deberá significar un peso considerable en los presupuestos estatales y comunitarios. El garantizar mínimos satisfactorios de higiene; es decir; abastecimiento de aguas, depuración y saneamiento a los estratos de población más necesitados supone, dentro del concepto moderno de la medicina preventiva, un notable ahorro económico de los presupuestos sociales (productividad, bajas por enfermedad, asistencia médica y social, esperanza de vida, etc.), además de construir un imperativo categórico de la solidaridad humana.

3.5.-Desarrollo

En Canarias, la disponibilidad de agua, en cantidad, calidad y coste, es una de las restricciones clave para las posibilidades de desarrollo de la Re-

gión. El PHR deberá considerar las actuaciones necesarias para que el agua deje de significar «la» restricción al desarrollo del Archipiélago. Para ello, se requiere que el PHR contemple la envolvente de los escenarios de desarrollo más ambiciosos, comenzando por garantizar las exigencias mínimas en el plazo más breve posible.

3.8.-Libertad de mercados

El PHR está enmarcado dentro de los principios de una sociedad democrática, en régimen de libertades individuales garantizadas por la Constitución, y dentro de un sistema social, político y económico basado en los principios de la economía de mercado libre. El PHR deberá considerar el producto agua como una mercancía a las leyes de la oferta y la demanda, garantizando límites mínimos humano y de conservación del medio ambiente. Actualmente, la oferta de agua en Canarias es elástica, debido a la introducción de las técnicas de desalación a precios aceptables para el uso humano, turístico e industrial. El PHR no deberá de imponer restricciones al consumo, excepto en situaciones transitorias y puntuales.

Conservación del medio ambiente. Actualmente, la oferta de agua en Canarias es elástica, debido a la introducción de las técnicas de desalación, a precios aceptables para el uso humano,

turístico e industrial. El PHR no deberá de imponer restricciones al consumo, excepto en situaciones transitorias y puntuales.

3.9.-Flexibilidad

El PHR debe de estar en condiciones de adaptarse continuamente a la evolución coyuntural. En el caso de Canarias, la problemática del agua está estrechamente relacionada con la evolución de los mercados agrícolas y turísticos, de la tecnología (depuración, desalación, energías no convencionales) y de los acuíferos. Estas evoluciones pueden afectar sensiblemente los enfoques del PHR en el tiempo, en el espacio y en los programas de desarrollo de las actuaciones.

3.10.-Operatividad institucional

El desarrollo del PHR requiere una organización institucional dimensionada adecuadamente, adaptada a las peculiaridades de cada una de las islas, en sus aspectos sociales, políticos, económicos y medioambientales.

3.11.-Legislación y regulaciones

La aplicación de la ley de Aguas 1990 y reglamentaciones consecuentes han planteado ciertas dificultades que



La reutilización de aguas depuradas para la agricultura es un elemento contemplado en el Plan Hidrológico canario. Nueva depuradora de Barranco Seco en Las Palmas de Gran Canaria.



El reparto de aguas de una misma comunidad de propietarios se lleva a cabo tradicionalmente en las cantonerías, especie de vertederos con tantas bocas como partícipes tenga la comunidad.

deberán ser contempladas en el PHR, reflejándose, de ser necesario, en propuestas de normativas y reglamentos complementarios a la Ley de Aguas.

4.-Problemas que bloquean el desarrollo

Cantidad, calidad y gestión son los aspectos fundamentales en la explotación de recursos hidráulicos, y es en estos tres apartados donde se localizan los problemas que pueden suponer un bloque en el desarrollo económico de Canarias.

4.1.-Problemas derivados de la cantidad

A la escasez de recursos hidráulicos que soportan las islas hay que añadir que, además, estos son difícilmente aprovechados. La captación de recursos superficiales mediante presas de embalse suele presentar problemas debidos a la orografía (pendientes muy elevadas que llevan a reducidas capacidades de almacenamiento) y debidos a la geología de los terrenos (problemas de permeabilidad), a los que habría que añadir la concentración de la escorrentía en cortos períodos de tiempo, lo que hace que las captaciones en cauces resulten sobredimensionadas en relación con los volúmenes dados. En cuanto al aprovechamiento de las aguas subterráneas, ha de realizarse es-

te mediante costosas obras de alumbramiento y extracción, debido a la profundidad y, en general, escaso rendimiento de las capas acuíferas, siendo frecuente el empeoramiento progresivo de la calidad, que se tratará en el siguiente epígrafe. Esta escasez unida a las dificultades en el aprovechamiento ha llevado a que se produzcan importantes desequilibrios en los balances hidráulicos entre recursos disponibles y demandas de agua en las islas.

4.2.-Problemas derivados de la calidad

La calidad del agua puede verse alterada por causas naturales o inducida por la acción antrópica. Entre las primeras cabe citar la extracción de aguas cada vez más antiguas, aguas fósiles, debido a la continua perforación de pozos y galerías, necesaria para mantener los caudales alumbrados. Estas aguas, debido a su mayor antigüedad, presentan un mayor contenido en sales disueltas, llegando a hacerse necesaria la instalación de plantas desaladoras para su aprovechamiento posterior. También son frecuentes altos contenidos en carbonatos, bicarbonatos y dióxido de carbono disuelto, debido a emanaciones volcánicas, lo que provoca incrustaciones en tuberías. La contaminación de las aguas por la acción del hombre se produce fundamentalmente por tres vías vertidos de aguas residuales urbanas o industria-

les; prácticas de abonado de las tierras en cultivo; e intrusión marina por exceso de bombeo en pozos costeros.

Estos procesos de contaminación resultan especialmente perniciosos por cuanto sus efectos son difícilmente corregibles a corto plazo. En el caso de las prácticas de abono entra en juego, además, toda una cultura agrícola y prácticas seculares que llevará su tiempo a modificar, si realmente la magnitud del problema así lo aconseja, lo que nos lleva a la necesidad, tanto en cuanto a ésta como en cuanto a las otras causas de contaminación, de un estricto control y vigilancia de las características de calidad, físicas, químicas y biológicas, de los acuíferos implicados, con las necesidades consecuentes de medios materiales, humanos y económicos.

Actualmente, entre los principales problemas detectados en Canarias en cuanto a la calidad de las aguas, cabe citar el alto contenido en flúor que presentan algunas captaciones en el norte de Tenerife, que en caso de ser utilizadas para abasto urbano puede provocar problemas de fluorosis.

4.3.-Problemas derivados de la gestión

La Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias «...aspira a cerrar en Canarias un período polémico y difícil en materia hidrológica, abriendo una nueva etapa en la que el agua no debe ser un obstáculo para la convivencia de todos los canarios, cuyas diferencias deben dejarse a un lado ante la tarea común de ordenar y aprovechar racionalmente un recurso vital para todos, en cada isla con sus especificidades».

Según la Ley, los Consejos Insulares, serán los órganos de gestión de cada isla y son entidades de derecho público, con personalidad jurídica y autonomía funcional que asumen la dirección, ordenación, planificación y gestión unitaria de las aguas en cada isla.

Los Consejos son organismos autónomos, adscritos administrativamente a los Cabildos Insulares, con capacidad para adquirir, poseer, regir y administrar los bienes y derechos de su patrimonio, así como para contratar, obligarse y ejercer ante tribunales todo tipo de acciones.

De acuerdo con la Ley serán los

consejos los responsables de la gestión directa y el Gobierno Autónomo conservará la competencia de la investigación, planificación y por tanto de dictar la política hidráulica.

El agua despierta muchas sensibilidades en la región y construir la nueva Administración del Agua en Canarias es un reto y de su buen fin el Archipiélago se juega mucho.

El proceso de elaboración, gestión y actualización del PHR es una actividad permanente y continua. Hasta un pasado muy reciente, estas funciones se encontraban centralizadas, en órganos de la Administración Central. Actualmente, con la transferencia de funciones al Gobierno Autónomo, se ha producido una carencia institucional, que se ha tratado de resolver precariamente, toda vez que, a su vez, existe un proceso de transferencia de atribuciones del Gobierno Autónomo, se ha producido una carencia institucional, que se ha tratado de resolver precariamente, toda vez que, a su vez, existe un proceso de transferencia de atribuciones del Gobierno autónomo a los Consejos Insulares.

Terminada la transferencia de atribuciones del M.O.P.T. al Gobierno Autónomo se inicia ahora la de éste a los incipientes Consejos. Los procesos de transferencia, pueden producir todavía períodos de transición de varios años.

5.-Programas de actuación

A partir de los diferentes planeamientos hidrológicos de cada isla y de los distintos programas de inversiones que el Gobierno Autónomo ha venido realizando, se han establecido los programas de actuaciones que contempla el Plan Hidrológico Regional.

Las actuaciones previstas se han agrupado en diez programas que se han denominado:

- * Regulación.
- * Desalación.
- * Conservación.
- * Calidad del Agua.
- * Corrección de cuencas.
- * Trasvases.
- * Avenidas e inundaciones.
- * Mejoras de abastecimiento.
- * Mejora ambiental.
- * Fomento (conocimiento, estudios e investigación).

A continuación se describen someramente los objetivos de cada uno de estos programas.



Los nuevos sistemas de riego se han extendido rápidamente en Canarias debido al ahorro de agua que supone su uso.

Regulación

Se refiere a las actuaciones necesarias para disponer de los recursos en el momento en que son demandados (regulación de caudales), afrontando tanto las puntas de consumo como de aportaciones o producción. Estas obras de regulación han de enredarse en sentido amplio, incluyendo presas de embalse, grandes depósitos reguladores así como captación y explotación de aguas subterráneas (explotación del embalse subterráneo).

Trasvases

En este programa se incluyen las actuaciones tendentes a corregir los desequilibrios sectoriales en cada isla, mediante conducciones de transporte de zonas excedentarias a zonas deficitarias.

Desalación

Se incluyen en este programa las plantas desaladoras necesarias para compensar el déficit entre recursos naturales y demandas de agua.

Avenidas e inundaciones

Se refiere a las actuaciones tendentes a aminorar los riesgos existentes en caso de avenidas extremas, por insuficiencia en la capacidad de desagüe de los cauces o de los drenajes urbanos.

Conservación

Este programa engloba las actua-

ciones de conservación y control del dominio público hidráulico.

Mejoras de abastecimientos

Son las actuaciones necesarias para garantizar el suministro de agua para uso urbano en cantidad y calidad adecuadas (ampliación de redes, disminución de pérdidas, depósitos, tratamiento y cloración, etc.).

Calidad del agua

Este programa engloba las actuaciones en materia de depuración y reutilización de vertidos de aguas residuales.

Mejora ambiental

Se refiere a las actuaciones de conservación y mejora de la calidad medioambiental, especialmente en zonas sensibles o de interés ecológico o paisajístico.

Corrección de cuencas

Las actuaciones de este programa se dirigen a evitar los procesos de pérdida de suelo y aterramiento de embalses por erosión.

Fomento (conocimiento, estudios e investigación)

Se incluyen en este programa las actuaciones necesarias para avanzar en el conocimiento de los recursos hídricos insulares, naturales y no convencionales, demandas de agua, planificación, etc. ■

ITINERARIO GEOLOGICO POR TENERIFE



José Antonio Rodríguez Losada

Es Doctor en Ciencias Geológicas y actualmente Profesor Titular en el Departamento de Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna. Su labor investigadora se ha centrado principalmente en el campo de la volcanología y de forma especial en estructuras subvolcánicas antiguas.

En este trabajo se describen las características volcanoestratigráficas de la isla de Tenerife y se propone un itinerario geológico que abarca el edificio de «La Dorsal», Caldera de las Cañadas y afloramientos de diversos tipos de depósitos piroclásticos bien visibles a lo largo de toda la banda Sur de la isla.

Volcanological features in Tenerife island are described in this paper. The proposed geological fieldtrip shows different volcanic structures by driving along the «La Dorsal» edifice, «The Cañadas Caldera» and different outcrops of pyroclastic deposits visible at the southflank of the island.

Introducción

La isla de Tenerife, situada en el sector central del archipiélago canario, es la de mayor superficie de todo el conjunto (2.058 Km²), y se eleva desde los fondos oceánicos situados a más de 3.000 m de profundidad hasta la cota máxima de 3.718 m en el pico Teide (Foto 1). Presenta una forma groseramente triangular, con los macizos de Anaga y Teno en los vértices NE y NW respectivamente. En su centro se abre hacia el norte una espectacular depresión semicircular, la caldera de Las Cañadas, cuyo diámetro máximo aproximado es de unos 16 Km, estando cerrada al sur por una pared que en algunos puntos se eleva a más de 500 m sobre la base de la caldera. Des-

de el NE de dicha depresión y hasta la zona de La Laguna, se extiende una lineación volcánica, que constituye la «Dorsal» de la isla, orientada según una dirección NE-SW. A ambos lados de la dorsal, se abren hacia el NW y SE respectivamente, los valles de La Orotava y Güimar. Dichos valles presentan una morfología de fondo plano de unos 7 a 10 Km de anchura, limitados por unas paredes rectas y fuertemente escarpadas. En el centro de la depresión de Las Cañadas, se eleva el gran estratovolcán Teide-Pico Viejo, el punto más elevado del territorio español.

Dentro del marco geodinámico, la isla de Tenerife está situada sobre la corteza oceánica dentro de la placa africana, a unos 300 Km al W del borde continental africano.



Foto 1.-Vista aérea de la vertiente oriental del Teide.

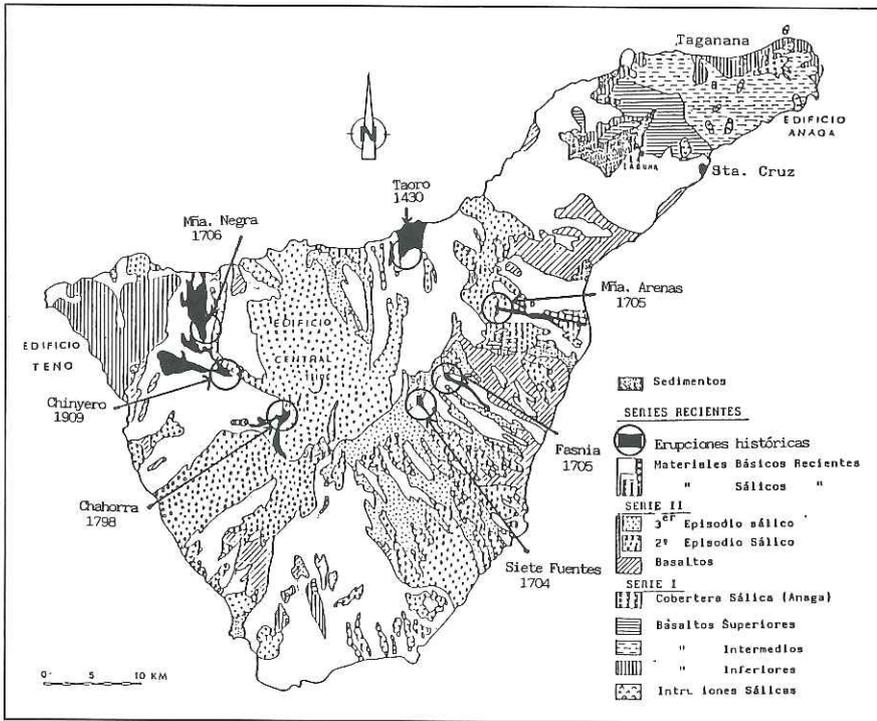


Figura 1.—Esquema geológico de la isla de Tenerife.

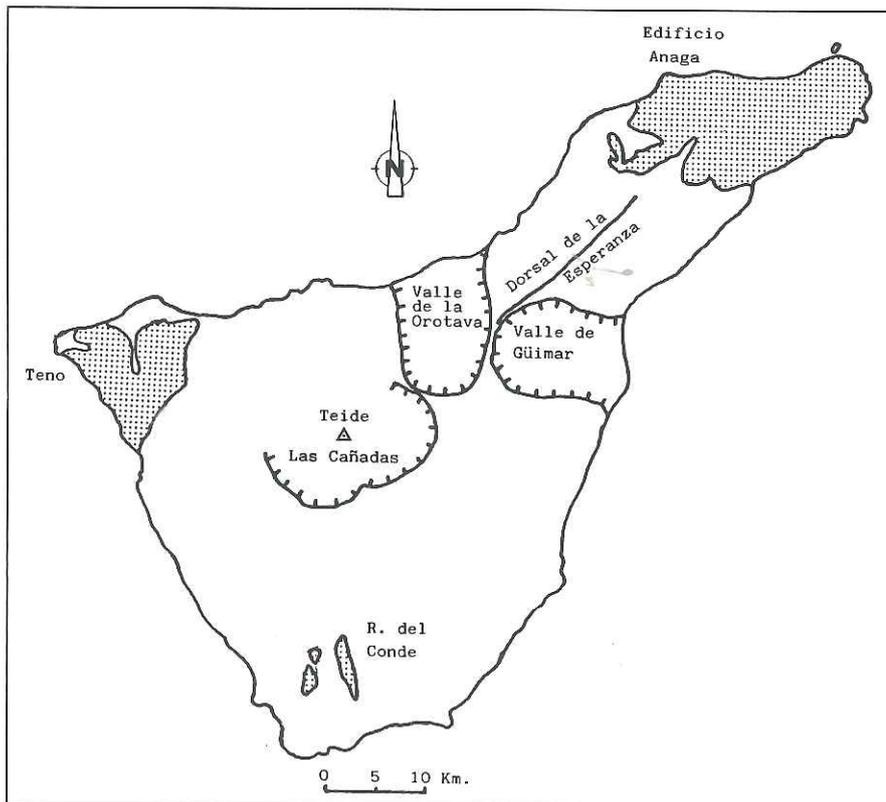


Figura 2.—Situación de los grandes edificios de Tenerife (explicación en el texto).

ta composición (sálicos, intermedios y básicos) solapados en el espacio y en el tiempo.

En la **Figura 1** se muestra un mapa geológico de Tenerife en donde se observa la distribución de los diferentes materiales volcánicos.

Pese a esta complejidad, se pueden individualizar varios edificios volcánicos independientes definidos anteriormente por sus rasgos morfológicos (**Fig. 2**). En primer lugar los macizos de Anaga y Teno, a los que se puede añadir un tercer edificio residual localizado al sur, en la zona del Roque del Conde. Estos macizos están formados por materiales de las denominadas series Antiguas o series I, en general con grandes espesores de coladas basálticas y mantos de piroclastos basálticos, atravesados por gran cantidad de diques de composición similar. En estas zonas, aunque con mucho menor volumen, aparecen episodios sálicos en forma de coladas muy potentes, diques y domos, si bien, donde aparecen mejor representados estos materiales es en el macizo de Anaga. Las edades de estos edificios varía entre 3,5 a 8 millones de años (Ancochea *et al.*, 1989), aunque en algunas zonas existen núcleos muy antiguos como un punto situado al norte del macizo de Anaga, dentro del denominado «Arco de Taganana» en donde Abdel-Monem (1972) calculó una edad de 16,1 millones de años. Aunque esta edad debe ser considerada con precaución, esta zona parece ser la más antigua de la isla.

Otra gran estructura insular, más reciente, situada en una posición central con respecto a los tres macizos antiguos anteriores, la constituye el Edificio Cañadas, correspondiente a un estratovolcán en cuya cima se abre la caldera de las Cañadas. Aquí, la estratigrafía se muestra muy compleja, existiendo secuencias volcanoestratigráficas no coincidentes, según diferentes zonas del gran edificio. No obstante, se han podido diferenciar en la parte más baja de la secuencia, materiales fundamentalmente basálticos, visibles por el sur de la isla, en el fondo de los barrancos. Pero el mayor volumen de materiales que forman las Cañadas corresponde a rocas más diferenciadas, como traquibasaltos y principalmente coladas muy potentes de traquitas y fonolitas; gran parte de las cuales son bien visibles en la secuencia de la pared de las Cañadas. Intercalados con estos materiales y hacia

El vulcanismo de Tenerife, como el de todo el archipiélago canario, es un vulcanismo alcalino de intrapalaca, estando en esta isla bien representados todos los términos petrológicos típicos de dicho vulcanismo.

Los grandes edificios

La isla de Tenerife, se caracteriza por una gran complejidad volcanoestratigráfica, reflejada en la gran cantidad de episodios volcánicos de distin-

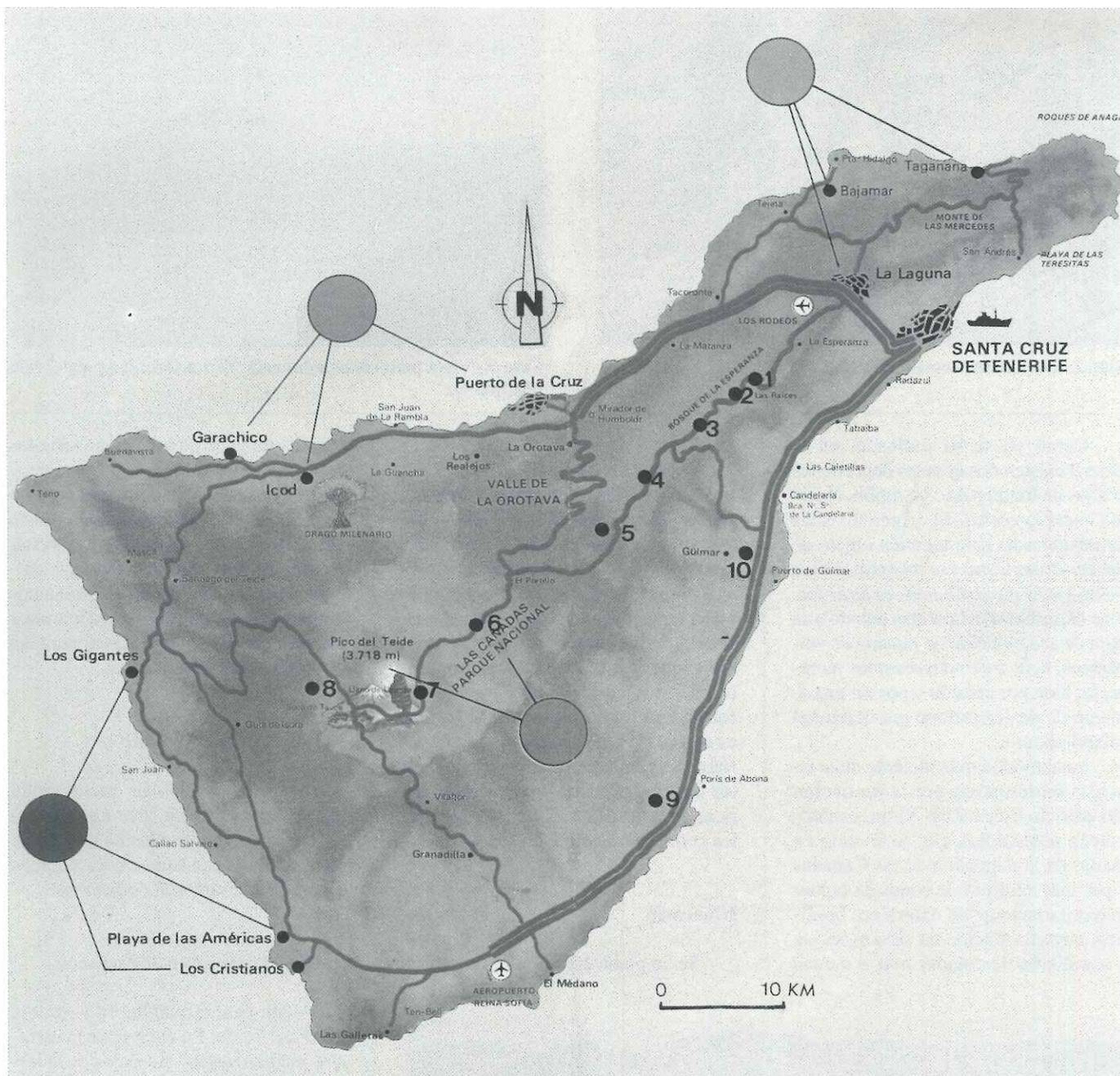


Figura 3.-Itinerario Geológico propuesto.

el techo de la secuencia, existen abundantes depósitos de materiales piroclásticos sálicos (pumitas), muy extendidos por toda la banda sur de la isla. Dentro de la secuencia de depósitos piroclásticos se observan niveles de lluvia piroclástica, coladas piroclásticas y en menor proporción oleadas piroclásticas («surge deposits»).

Todos estos materiales están datados con edades comprendidas entre 2 a 0,5 millones de años, por lo que si el desarrollo de la caldera de las Cañadas tuvo lugar en varias etapas, ésta debió finalizar hace aproximadamente 0,5 millones de años (Ancochea *et al.*,

1989). No obstante, algunos datos correspondientes al sector más oriental de la caldera, sugieren que esta parte pudo haberse originado hace 0,17 millones de años (Marti *et al.*, 1989).

Sin duda, el rasgo geomorfológico más significativo del edificio Cañadas es la existencia de la caldera, sobre cuya génesis, todavía se sigue debatiendo. En este sentido, existen hoy dos grupos fundamentales de hipótesis. Una parte de los autores suponen una génesis por colapsos o hundimientos relacionados con la emisión de grandes volúmenes de materiales piroclásticos en erupciones de alta explosividad;

mientras que otros, atribuyen su origen a partir de un proceso de deslizamiento gravitacional («land-slide»).

El otro gran edificio insular lo constituye la Dorsal, que desde el edificio Cañadas, se prolonga hasta el macizo de Anaga en dirección NE. Se trata de múltiples centros de emisión localizados sobre todo en la zona axial, originando un edificio en forma de tejado. Aquí, existe una secuencia de materiales basálticos, traquibasálticos y sálicos, emitidos en forma de lavas y piroclastos. La actividad volcánica de la Dorsal, se solapa al menos en parte con la del edificio Cañadas.

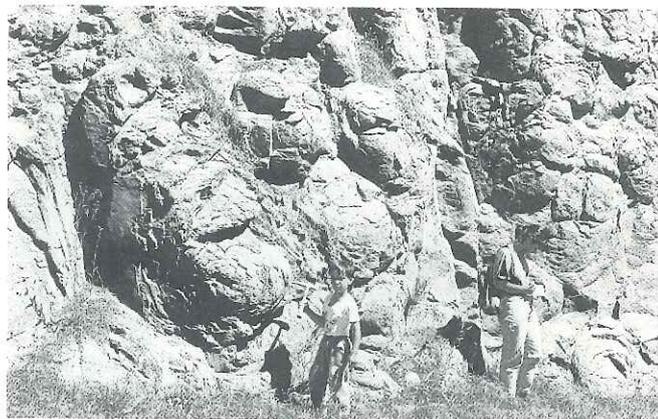


Foto 2.—Disyunción concéntrica (Parada 3).



Foto 3.—Vista panorámica del valle de La Orotava y del Teide (Parada 4).

Como ya se ha indicado, en la Dorsal existen dos grandes depresiones (valles de fondo plano y amplio, abiertos hacia la costa). El origen de estas depresiones ha sido también objeto de debate. Tales formas se interpretan bien como valles intercolinarios, es decir formas deprimidas originadas debido a la falta de acumulación de materiales volcánicos, bien como depresiones tectónicas, bien por erosión o por un mecanismo de deslizamiento gravitacional («land-slide»).

La actividad más reciente de la isla está representada por la formación del edificio Teide-Pico Viejo, estratovolcán postcaldera que se levanta en medio de la depresión de las Cañadas y por una multitud de conos de cinder mayoritariamente de naturaleza basáltica, cuya formación ha sido asociada a la emisión de coladas más o menos

extensas. Esta actividad se ha prolongado hasta la actualidad, existiendo un registro de varias erupciones históricas en los últimos 500 años (Coello *et al.*, 1985). En la **Figura 1** se puede observar la distribución geográfica de las erupciones históricas en Tenerife. Estas se caracterizan por la naturaleza basáltica de los materiales, emitidos en erupciones estrombolianas. En conjunto, el volumen de lavas y piroclastos formados en las erupciones históricas es de escasa consideración, no encontrándose enclaves, al contrario que en los materiales de las erupciones históricas en otras islas del archipiélago, tales como Lanzarote o La Palma.

Itinerario

Se ha planteado un itinerario geo-

lógico que tiene por objeto mostrar los aspectos volcanológicos y geomorfológicos de las grandes estructuras a que se refiere el apartado introductorio (**Fig. 3**). El recorrido incluye la Dorsal, caldera de las Cañadas y la banda meridional de la isla, donde la escasa cobertura vegetal permite acceder a unos afloramientos muy adecuados para las observaciones geológicas.

Parada 1: Miña. Grande

Muestra una visión panorámica del macizo de Anaga y de La Laguna. Observación de piroclastos basálticos alterados y de conos de cinder situados en el extremo oriental de la Dorsal.

Parada 2: Mirador de Ortuño

Vista panorámica de la vertiente norte del Teide. En el corte de la carretera pueden verse materiales piroclásticos atravesados por diques y afectados por pequeñas fallas.

Parada 3: Piedras Redondas

Observación de disyunción concéntrica y en «grano de millo» en coladas traquibasálticas de gran espesor (**Foto 2**).

Parada 4: Mirador de la Cumbre

Situado en la vertiente septentrional de la Dorsal, permite una observación panorámica del valle de La Orotava, situado al oeste del punto de observación. Desde este punto, puede verse el escarpe oriental del macizo de



Foto 4.—Colada en bloques del edificio Teide. Al fondo, pared meridional de Las Cañadas (Parada 6).



Foto 5.—Roques de García (Parada 7).

Tigaiga, que constituye la pared rectilínea desarrollada al oeste del valle de La Orotava. Es característico el fondo plano y ancho, de unos 10 Km de amplitud y la cabecera en forma de anfiteatro, coronada por el sector suroccidental de la Dorsal (Foto 3).

Igualmente, es éste un punto idóneo para la observación del Teide, en el que pueden apreciarse las características morfológicas de un gran estratovolcán, en este caso de fuertes pendientes hacia el N, de unos 30° en la mitad superior.

Parada 5: Mña. de la Negrita

Alternancia de piroclastos de composición basáltica y piroclastos sílicos. Contrastan los tonos oscuros de los piroclastos basálticos con los tonos claros de los diferenciados sílicos.

Parada 6: Mirador de las Piedras Arrancadas

Visión general de la pared de las Cañadas. Esta pared constituye un accidente morfológico muy espectacular que rodea un recinto ovalado de unos 130 Km² de superficie, con un eje mayor de 16 Km de longitud. No es posible establecer una secuencia estratigráfica general, ya que ésta varía mucho a lo largo de sus diferentes tramos.

En primer término se pueden observar parte de las coladas que rellenan la caldera. Estas en particular son coladas obsidiánicas de composición traquítica, fragmentadas en grandes bloques (Foto 4).

Parada 7: Roques de García

Los roques de García constituyen

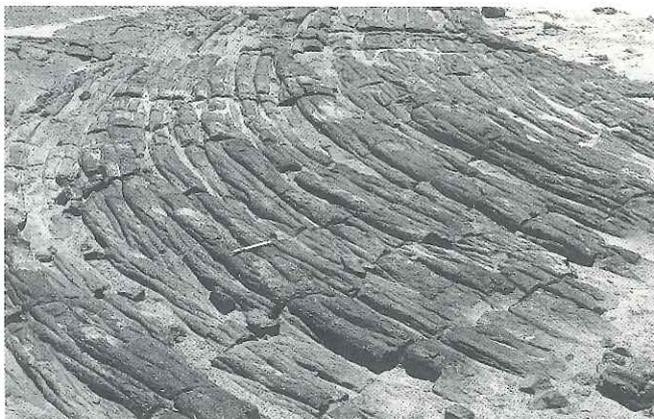


Foto 6.—Lavas cordadas en la Cañada del Cedro (Parada 8).

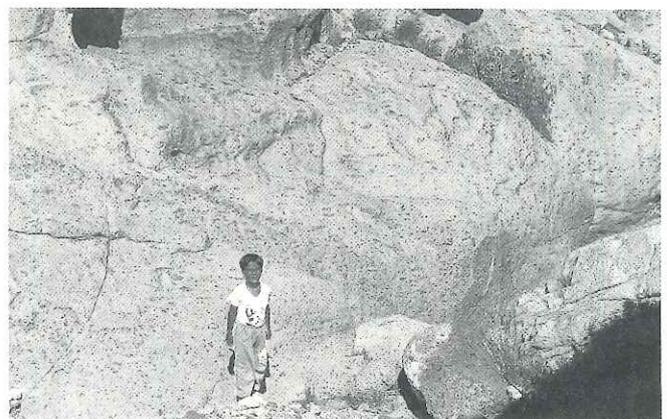
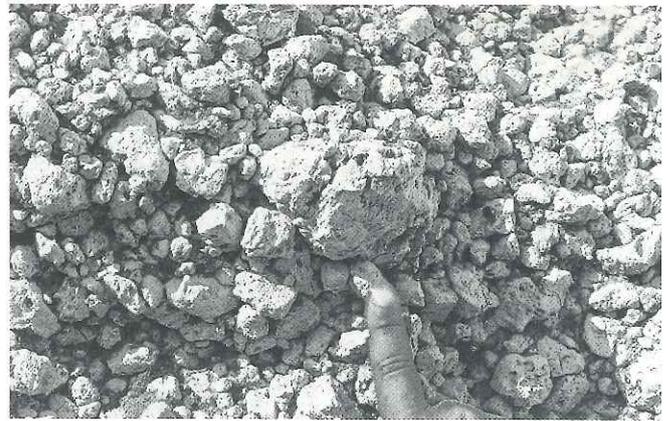
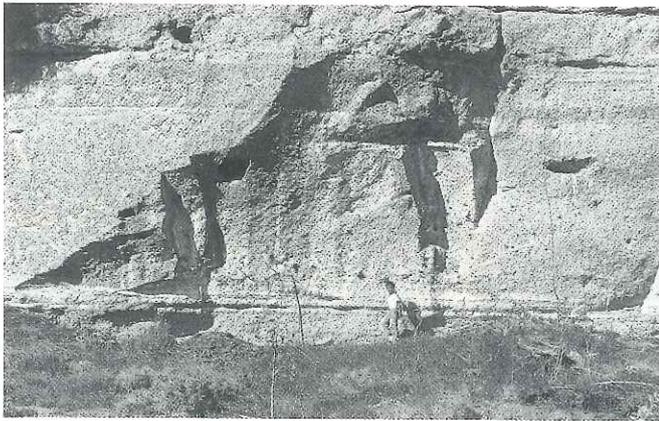


Foto 7.—Ignimbritas con flamas (Parada 9).



Fotos 8 y 9.—Depósito ignimbrítico y de lluvia piroclástica en Güümar (Parada 10).

una lineación de unos dos kilómetros de longitud, formada por agudas crestas con formas muy variadas, que se desarrollan perpendicularmente a la pared de la caldera. En el extremo sur de esta lineación afloran unos materiales conocidos como «los Azulejos», nombre derivado de la gran variedad de colores de sus rocas, en donde predominan tonos verdosos y azulados y cuyo aspecto se debe a procesos de alteración hidrotermal.

Los roques constituyen un relieve residual del antiguo edificio precaldera, descubiertos por la erosión y que previo al relleno de la caldera primitiva por las emisiones del Teide-Pico Viejo, debieron constituir una importante estructura divisoria entre las dos subcaldera oriental y occidental de las Cañadas (Foto 5).

En este punto, las observaciones más destacadas a realizar son diques sálicos y otras estructuras subvolcánicas exhumadas por la erosión. Algunas de ellas destacan por sus dimensiones y morfología como la denominada «Catedral», imponente estructura monolítica que de forma aislada, se levanta desde el valle de Ucanca y que corresponde a una chimenea o criptoaguja.

Parada 8: Cañada del Cedro

Desde este punto, se obtiene una visión muy completa de la erupción histórica del Chahora (1978) en el flanco suroccidental del Pico Viejo. En este punto puede verse el contraste entre coladas aa y pahoehoe (Foto 6).

Parada 9: Poris de Abona

Observación de un depósito ig-

nimbrítico. Este tipo de materiales se origina en erupciones muy explosivas, en general de magmas viscosos (diferenciados).

Se han formado por un flujo o colada piroclástica que se desplaza a gran velocidad, en general controlada por la topografía preexistente. Lo que fluye es una dispersión gas-sólido de alta concentración de partículas a alta temperatura, de flujo fundamentalmente laminar a veces parcialmente fluidizado, que deja normalmente depósitos masivos y mal clasificados.

La riqueza en pómez, líticos, cristales y cenizas es muy variable y también el desarrollo de flamas (fragmentos vítros o de pómez aplastados y estirados). En el depósito observable en este punto se puede seguir localmente el desarrollo de flamas con distintos grados de estiramiento (Foto 7).

El término ignimbrita se ha venido usando de forma muy general para cualquier depósito originado como se indicó anteriormente o particularmente para depósitos con flamas. Sin embargo la tendencia actual es a aplicarlo a los depósitos de coladas piroclásticas muy ricos en pómez.

Parada 10: Mña. Grande de Güümar

Observación de depósitos piroclásticos de distintos tipos, así como una visión del valle de Güümar desde su vertiente meridional definida por el barranco de Badajoz.

Uno de los depósitos observados, corresponde a una colada piroclástica (Foto 8) y el otro es un manto de piroclastos de caída (Foto 9). Ambos son de composición sálica, pero se han formado por mecanismos diferentes.

Mientras que en el primer caso el material ha sido transportado en un conjunto fluidizado de alta concentración tal y como se detallaba anteriormente (parada 9), los piroclastos de caída se originan por proyección de los fragmentos de pómez, dispersión por el viento y posterior depósito a modo de lluvia piroclástica, llegándose a formar mantos cubriendo amplias extensiones de terreno.

En este mismo punto se pueden observar también las características de un cono de cinder típico (Mña. Grande) formado en erupciones de tipo estromboliano. ■

Referencias

- ABDEL-MONEM, A., WATKINS, N. D. y GAST, P. W. (1972): «Potassium Argon ages, volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Tenerife, La Palma and Hierro». *Am. Jour. of Science*, 272: 805-825.
- ANCOCHEA, E., FUSTER, J. M., IBARROLA, E., COELLO, J., FERNAN, F., CANTAGREL, J. M., JAMOND, C., CENDRERO, A. (1989): «Cronoestratigrafía de las series antiguas de Tenerife». *E.S.F. Meeting on Canarian Vvolcanism*. Lanzarote, 1989, 367 pp.
- ANCOCHEA, E., FUSTER, J. M., IBARROLA, E., COELLO, J., HERNAN, F., CENDRERO, A., CANTAGREL, J. M. y JAMOND, C. (1989): «Los volcanes y la Caldera del Parque Nacional del Teide. (Tenerife, islas Canarias)». ICONA, 440 pp.
- COELLO, J., CUBAS, C. R., HERNAN, F., HERNANDEZ-PACHECO, A., DE LA NUEZ, J. (1985): «Síntesis de la actividad volcánica de las Islas Canarias». Conferencias sobre «Evolución volcanológica del Atlántico Central» de la UIMP. Sta. Cruz de Tenerife, Inst. Estudios Canarios, 48 pp.
- MARTI, J., MITJAVILA, A., BARRACHINA, A. y ARAÑA, V. (1989): «El edificio volcánico de Diego Hernández». En Araña y Coello (1989): «Los volcanes y la caldera del Parque Nacional del Teide». ICONA, 440 pp.

EXCURSION GEOTURISTICA POR GRAN CANARIA



Francisco José Pérez Torrado

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca, se doctoró en Ciencias del Mar por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Su área de investigación es el volcanismo ligado a islas oceánicas y en la actualidad ejerce como Profesor Ayudante en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



José Mangas Viñuela

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca, su faceta investigadora está orientada hacia la Geología Económica (yacimientos minerales del Oeste Peninsular) y Regional (Archipiélago Canario). En la actualidad es Profesor Titular de Universidad en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

La isla de Gran Canaria ofrece una gran variedad de materiales y morfologías volcánicas, originados por diferentes estilos eruptivos. En este artículo describimos brevemente la génesis y evolución geológica de la isla y proponemos un itinerario geoturístico de un día.

The volcanic island of Gran Canaria shows a broad range of volcanic materials and morphologies, originated by different eruptive mechanisms. In this paper, we briefly describe the geological evolution of the island and we propose one day field trip.

Introducción

Gran Canaria ocupa una posición central dentro del Archipiélago Canario y con una superficie aproximada de 1.560 Km² representa la tercera isla en extensión después de Tenerife y Fuerteventura. Morfológicamente se presenta como un edificio cupuliforme, con una planta casi circular de unos 45 Km de diámetro y un perfil transversal cónico coronado por una altitud máxima de 1.949 m (Pico de las Nieves). La isla se encuentra profundamente excavada por una red de barrancos que partiendo desde sus zonas de cumbres se dirigen radialmente hacia sus sectores costeros y dejan al descubierto los diferentes materiales geológicos que han contribuido a su crecimiento subaéreo. En ella se observa un marcado contraste entre sus sectores septentrionales, más lluviosos y fértiles, y los meridionales, más secos y estériles, debido fundamentalmente a la influencia que los vientos alisios húmedos del N y NO ejercen sobre esas vertientes septentrionales durante gran parte del año.

Gran Canaria es una isla turística por excelencia, por lo que no representa problema alguno obtener alojamiento en cualquier época del año. Existen dos principales núcleos turísticos, uno situado en el sur de la isla asociado a la famosa playa de Maspalomas y otro en el norte, en la propia capital. Para una completa información sobre hoteles, restaurantes, fiestas populares, etc., deben dirigirse al Patronato de Turismo de Gran Canaria localizado en la capital (C/León y Castillo n.º 17. Teléfono:

nos: (928) 362222-362422-362622), donde le facilitarán de manera gratuita toda una serie de folletos y mapas.

A continuación, antes de describir el itinerario geológico propuesto, exponemos brevemente cuál ha sido la evolución geológica de Gran Canaria. Al final de este artículo, se señalan una serie de publicaciones dedicadas monográficamente a la geología de esta isla, en las que el lector interesado podrá encontrar una información más amplia y detallada.

Historia geológica de Gran Canaria

La construcción geológica de Gran Canaria se inició durante el Mioceno, con una fase de vulcanismo submarino cuyos materiales representan aproximadamente el 75 % de su volumen total. Estas rocas submarinas, al contrario que ocurre en otras islas canarias como La Palma, Gomera o Fuerteventura, no pueden ser observadas en su superficie.

«La fase de vulcanismo subaéreo en Gran Canaria se caracteriza por la emisión de rocas a lo largo de tres grandes ciclos magmáticos»

EDADES (m.a.)	NATURALEZA DE LOS MATERIALES	PROCESOS MAS DESTACADOS	VOLUM. EMITIDOS	CICLOS
CUAT.	Basanitas Nefelinitas	Calderas freatomagmáticas Alineación de conos	10 Km ³	III
PLIOCENO	2,9	II INTERVALO DE INACTIVIDAD VOLCANICA (Solo afecta a los sectores costeros y de medianías de la isla)		
	Fonolitas Traquitas	Estratovolcán	200 Km ³	II
	Basanitas - Basaltos	Alineación de conos		
4,6	Nefelinitas			
MIOCENO	5,3	I INTERVALO DE INACTIVIDAD VOLCANICA (Afecta a toda la isla)		
	8,5	Traquitas - Fonolitas	Cone-Sheet	100 Km ³
	9,6	Fonolitas <i>Exocaldera</i>	Sienitas <i>Intracaldera</i>	100 Km ³
	13	Traquitas - Riolitas	Caldera de Tejada	150 Km ³
	14,1	Basaltos alcalinos	Emisiones fisurales Volcán en escudo	1000 Km ³
	14,5	VOLCANISMO SUBMARINO		6500 Km ³

Tabla I.-Cuadro-resumen de la historia geológica de Gran Canaria.

Por su parte, la fase de vulcanismo subaéreo se caracteriza por la emisión de rocas a lo largo de tres grandes ciclos magmáticos denominados Ciclo I o Antiguo, Ciclo II o Roque Nublo y Ciclo III o Reciente, y que se encuentran separados entre sí por períodos de inactividad volcánica. En la **Tabla I** se indican las principales características de cada uno de estos ciclos y en la **Figura 1** se presenta un mapa geológico esquemático.

Ciclo I o Antiguo

Tuvo lugar durante el Mioceno, desde los 14 a los 8,5 m.a. aproximadamente. Comenzó con la emisión de más de 1.000 Km³ de lavas basálticas alcalinas (Formación Basáltica) durante unos 300.000 años. Estos materiales conformaron un edificio volcánico de pendientes suaves (volcán en forma de escudo) cuyas dimensiones originales fueron tal vez semejantes a las de la isla actual. El mecanismo de emisión fue

hawaiano (erupciones de muy baja explosividad con salida del magma en forma de lavas) y posiblemente alimentado a través de una red de fracturas.

Inmediatamente después de emitirse estos basaltos fisurales, se produjo una diferenciación en la cámara magmática, originándose consecuentemente cambios en la composición química del magma y en sus mecanismos de emisión. Así, comenzaron las primeras erupciones volcánicas de composición traquítico-riolítica y carácter altamente explosivo, que dieron lugar a depósitos piroclásticos denominados «ignimbritas». Estos depósitos representan los primeros materiales de la Formación Traquítico-Riolítica y su brusca salida ocasionó un vacío en la parte superior de la cámara magmática a consecuencia del cual se originaría un hundimiento de su techo. Se formó así una caldera de colapso (Caldera de Tejada) de unos 15 Km de diámetro localizada en la zona central de Gran Canaria, teniendo las primeras rocas

afectadas por este fundimiento una edad de unos 14,1 m.a.

Posteriormente, continuaron sucediéndose erupciones muy explosivas con emisión de ignimbritas alternando con algún episodio lávico, y todos estos materiales se extendieron tanto por el exterior como por el interior de la caldera, alcanzándose las mayores potencias en esta última zona.

La continua diferenciación magmática originó un nuevo cambio en la composición química del magma, y por ello los siguientes depósitos piroclásticos y lávicos fueron de naturaleza fonolítica (Formación Fonolítica). Sus centros de emisión se situaron de forma más o menos periférica a la Caldera de Tejada.

En las etapas finales del Ciclo I se produjo la consolidación del magma en condiciones subsuperficiales, desarrollándose tres episodios de carácter intrusivo: a) rocas sieníticas en las zonas centrales de la caldera, datadas en 11,8 m.a. y por lo tanto contemporáneas con la Formación Fonolítica; b) diques traquítico-fonolíticos que en conjunto dieron lugar a una morfología de cono invertido (cone sheet). Estos diques atravesaron todas las rocas anteriores, incluidas las sienitas, originando un abombamiento del terreno en su área de influencia, y c) domos fonolítico-nefeliniticos en disposición circular, siguiendo más o menos los límites externos del área de influencia del «cone sheet». Estas intrusiones representan la última actividad ígnea del Ciclo I.

Más tarde, se inició un período de fuerte actividad erosiva que se prolongó durante más de 3 m.a. (I Intervalo de inactividad volcánica) y dio lugar a un relieve caracterizado por barrancos de distribución radial. Los materiales procedentes de esta actividad erosiva (arenas y conglomerados de cantos fonolíticos) se acumularon principalmente en las zonas bajas de la costa NE, E y S de la isla, constituyendo el denominado «Miembro Inferior de la Formación Detrítica de Las Palmas» (FDP).

Ciclo II o Roque Nublo

Sus primeros signos de actividad volcánica, desarrollados hacia los 5,3 m.a. en el Plioceno Inferior, se caracterizaron por erupciones estrombolianas localizadas preferentemente en los sectores meridionales de la isla y que

dieron lugar a pequeños conos piroclásticos, con algunas lavas nefeliníticas asociadas, que se alinearon según directrices NO-SE. Posteriormente, hacia los 4,6 m.a., la actividad se desplazó hacia los sectores centrales de la isla donde se mantuvo hasta la finalización de este Ciclo II. Durante este último episodio, se llegó a desarrollar un complejo edificio volcánico (el estratovolcán Roque Nublo) en cuya evolución geológica se diferencian tres fases:

«Durante el Ciclo II se llegó a desarrollar un complejo edificio estratovolcánico de al menos 2.500 m de altura»

a) Fase inicial (entre los 4,6 y 3,9 m.a.). Caracterizada por el apilamiento de lavas de composición química muy variada (desde basaltos alcalinos-basanitas hasta traquitas-fonolitas) emitidas mediante erupciones estrombolianas. Estas lavas discurrieron por la red de paleobarrancos excavados en los materiales miocenos, alcanzando algunas de ellas la línea de costa y ganando una superficie el mar de al menos 40 Km². Hacia el final de esta fase ocurrieron las primeras intrusiones de domos de composición fonolítica.

b) Fase madura (entre los 3,9 y 3 m.a.). Durante esta fase, comenzaron a sucederse en el edificio estratovolcánico erupciones explosivas de tipo vulcaniano-freatomagmático emitidas desde sus zonas aplicables, con erupciones estrombolianas originadas a partir de fisuras y conos adventicios desarrollados en sus laderas. Las primeras erupciones generaron unos potentes depósitos piroclásticos conocidos como «Aglomerados o Brechas Roque Nublo», dominantes del paisaje actual de las cumbres grancanarias.

c) Fase final (entre los 3 y 2,7 m.a.). El estratovolcán se encontraba en su etapa de mayor desarrollo alcanzando alturas de más de 2.500 m sobre el nivel del mar. Este sobredimensionamiento del edificio, unido a su morfología asimétrica, hizo que sus laderas S, más cortas y abruptas que las N, se

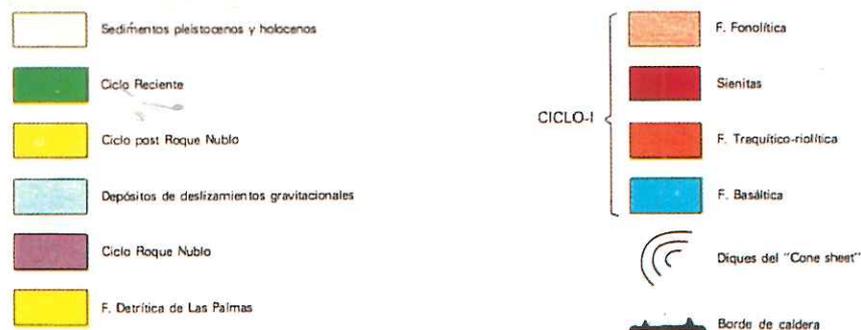
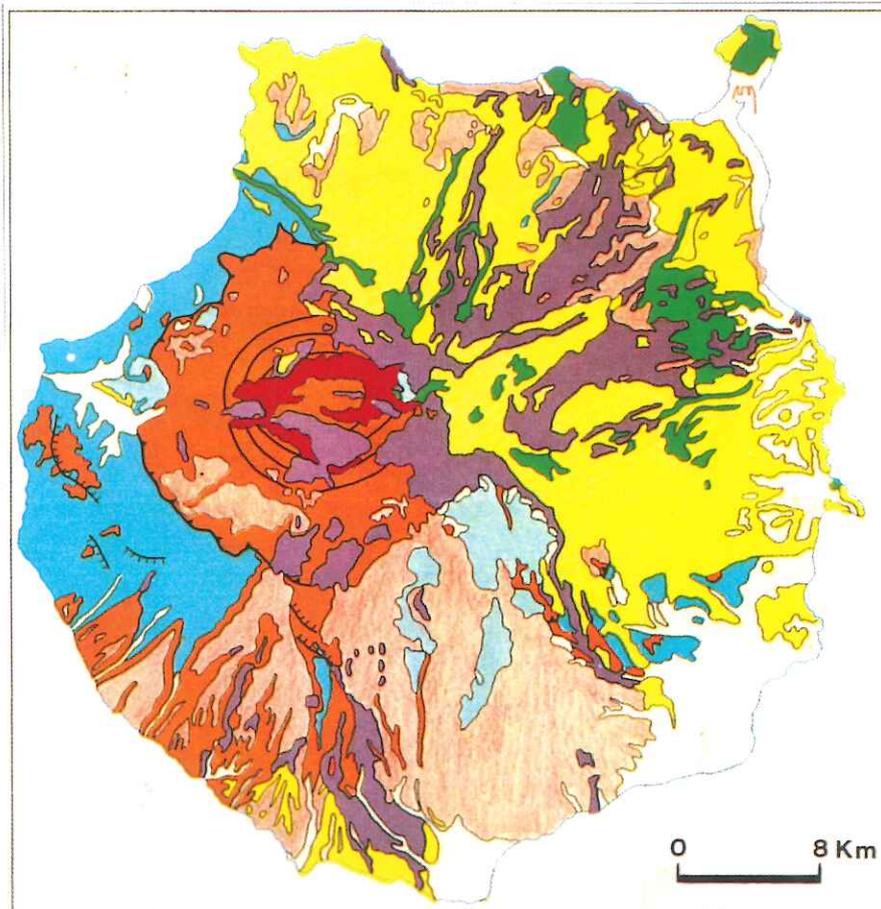


Figura 1.—Mapa Geológico de Gran Canaria (tomado de ITGE, 1992). Los materiales que aparecen en la leyenda como Ciclo post Roque Nublo y Ciclo Reciente, pertenecen ambos al Ciclo III descrito en este artículo.

encontraran gravitacionalmente inestables. Por ello, movimientos sísmicos ligados a las intrusiones de domos fonolíticos tardíos, a actividad explosiva de las brechas, etc., desencadenaron el colapso gravitacional de esas laderas S, lo que originó gigantescas avalanchas de materiales que recorrieron más de 20 Km desde el centro de la isla. Con este proceso se inició el desmantelamiento del estratovolcán.

Al mismo tiempo que tenían lugar estas emisiones volcánicas, en la zona costera de la isla y fruto de un período transgresivo en el que se encontraba

inmersa, se fueron depositando sedimentos marinos de grano fino dando lugar al denominado «Miembro Medio de la FDP». Estos sedimentos se encuentran muy bien representados en la costa N-NE, en cotas que oscilan entre los 50 y los 110 m de altura sobre el nivel actual del mar. Asimismo, se estableció una red de barrancos que drenaron las laderas del estratovolcán, y en sus desembocaduras formaron extensos depósitos conglomeráticos que se intercalaron entre niveles de brechas volcánicas y lavas. Este conjunto de materiales ha sido denominado como



Figura 2.—Mapa de situación de las paradas propuestas en el itinerario geoturístico.



Foto 1.—Detalle de pillow-lavas en sección transversal. Obsérvese las estructuras de carga que provoca en el sedimento marino inferior.



Foto 2.—Vista parcial de la Caldera de Bandama.

«Miembro Superior de la FDP» y también se encuentran ampliamente representado en los sectores costeros del N-NE de Gran Canaria, donde se apoya sobre los depósitos del Miembro Inferior y Medio.

Entre el final del Ciclo II y el comienzo del III, se desarrolló el II Intervalo de inactividad volcánica que solo afectó a los sectores costeros y de medianías de la isla, ya que en los centrales se solaparon los últimos episodios activos del Ciclo II (intrusión de domos fonolíticos) con los primeros del Ciclo III. Durante este II Intervalo de inactividad y prolongándose en el Ciclo III, se originaron depósitos de deslizamientos gravitacionales constituidos por brechas con cantos de muy diferentes naturalezas.

Ciclo III o reciente

Este ciclo está caracterizado por la emisión de lavas y piroclastos de naturaleza basanítico-nefelínica. Al igual que en los Ciclos I y II, se observa una

«La última erupción en Gran Canaria se produjo hace aproximadamente 3.500 años, por lo que desde el punto de vista geológico, la actividad volcánica del Ciclo III aún no ha finalizado»

migración de la actividad volcánica desde zonas meridionales hacia zonas septentrionales de la isla. Los edificios volcánicos originados se alinearon según ciertas direcciones estructurales, algunas de las cuales, como la NO-SE y la NE-SO, se repiten en otras islas del archipiélago. El tipo de actividad en todos ellos fue estromboliana, y únicamente se vio alterada localmente por fenómenos de interacción agua-magma, originándose violentas explosiones y dando lugar a pequeñas depresiones caldéricas (Calderas de Bandama y Los Marteles, entre otras).

La última erupción volcánica en Gran Canaria, datada mediante C^{14} sobre un resto de pino carbonizado, se produjo en el Montañón Negro (al Noroeste de la Cruz de Tejeda) hace aproximadamente 3.500 años, por lo que desde el punto de vista geológico, la actividad volcánica del Ciclo III aún no ha finalizado.

Itinerario geológico

El itinerario geológico que aquí proponemos puede ser desarrollado durante un día y pretende dar una visión general de los diferentes procesos y materiales geológicos que han intervenido en la construcción de Gran Canaria, quedando indicadas sus paradas en el mapa de la **Figura 2**.

Parada 1.—Lavas almohadilladas (pillow-lavas) del Ciclo Roque Nublo

Comenzamos nuestra excursión saliendo de Las Palmas de Gran Canaria por el Barrio de Guanarteme y tomando una pequeña carretera que va

hacia Tamaraceite. En esta carretera y después de pasada una gasolinera, nos desviaremos a la derecha por un camino asfaltado que conduce a un polvorín militar. Junto a este camino, al borde del Barranco de Tamaraceite, se observa un afloramiento espectacular de lavas almohadilladas e hialoclastitas, datados en = 4,4 m.a. y producidas por la entrada en el mar de lavas subaéreas con estructuras pachoe-hoe.

En el borde izquierdo de la carretera se aprecian también detalles de las pillow, como grietas de retracción en disposición radial, películas externas vítreas, etc. Estas pillow se apoyan sobre sedimentos marinos del Miembro Medio de la Formación Detrítica de Las Palmas en los cuales originan estructuras de cargas que pueden incluso aislar una pillow del conjunto (**Foto 1**). A su vez, los sedimentos del Miembro Medio se apoyan sobre depósitos conglomeráticos del Miembro Inferior, cuyos cantos fonolíticos en el contacto presentan tonalidades rojizas y huellas producidas por organismos marinos litófagos.

Parada 2.—Conjunto volcánico de Bandama

Para llegar a él, debemos regresar a Las Palmas desde la parada anterior y tomar la carretera 811 (conocida como la carretera del centro) que en sus primeros 6 Km es una autovía. Hacia el Km 10 (pasadas las poblaciones de Tafira Alta y Monte Lentiscal) nos desviaremos a la izquierda por una carretera que conduce directamente a Bandama.

El Pico y la Caldera de Bandama constituyen un conjunto volcánico re-

lativamente reciente pertenecientes al Ciclo III. Ambos edificios se formaron durante un mismo episodio eruptivo en el que se sucedieron fases de carácter fretomagmático y otras típicamente estrombolianas. El Pico de Bandama corresponde a un cono de cinder formado por la acumulación de lapillis y escorias basálticas, bien estratificadas y depositadas en torno a su boca eruptiva. El cráter tiene forma en herradura, abierta hacia el NE, con un diámetro de 375 x 250 m. La Caldera, por su parte, es una depresión en forma de cono truncado e invertido. Posee un diámetro que oscila entre los 1.100 y 850 m a la altura de sus bordes y los 200 m en su fondo, y sus paredes son muy escarpadas, con desniveles medios de 200 m (Foto 2). Inicialmente, la Caldera pudo ser un cono volcánico similar al Pico y su origen caldérico se debió presumiblemente a la acción combinada de episodios explosivos freatomagmáticos que crearon un vaciado en la cámara magmática a favor del cual se produjeron fenómenos de colapso de sus paredes.

Aprovechando la situación que nos ofrece la cima del Pico de Bandama, podemos obtener una excelente panorámica de los campos de volcanes más recientes de Gran Canaria, aunque desgraciadamente muchos de ellos se encuentren parcialmente desmantelados. De oeste a este, observaremos el volcán de Arucas, Monte Lentiscal, Tafira, el conjunto de conos alineados de la isleta (al final de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria), los del Valle



Foto 3.-Vista general de la cuenca de Tejeda. En el fondo, materiales del Ciclo I y discordantemente sobre ellos, lavas y brechas del Ciclo II que corresponde con los restos del estratovolcán Roque Nublo.

de Jinamar, Santidad, Cuatro Puertas, Gando (al lado del aeropuerto), Arinaga, etc.

Parada 3.-Mirador de la Cuenca de Tejeda

Después de visitada Bandama, regresamos a la carretera 811 y continuaremos por ella hasta llegar a la Cruz de Tejeda. Son aproximadamente unos 25 Km de recorrido pero por una carretera muy sinuosa, por lo que recomendamos tomárselo con calma e ir disfrutando del paisaje. Se atraviesan

materiales del Ciclo III y también del Ciclo II. Una vez llegado al destino, podemos realizar el almuerzo en algunos de los restaurantes situados en este punto (uno de ellos pertenece a la red de Paradores Nacionales) o comprar en los numerosos chiringuitos que ofrecen a los turistas una gran variedad de souvenirs.

Con las pilas recargadas, podemos retomar el interés por la geología gran-canaria. Desde el mirador del Parador se obtiene una buena panorámica de la red de barrancos que componen la Cuenca de Tejeda. En ella, el modelado erosivo es espectacular, destacándose diversos cerros testigos (Roque Nublo y Roque Bentaiga, entre otros), mesas (Acusa y Junquillo), laderas en trapps o andenes, etc. Ya Unamuno, en el destierro que sufrió en las islas Canarias, comparó el paisaje de las cum-

«Unamuno comparó el paisaje de las cumbres grancanarias con “una tempestad petrificada”»

bres grancanarias con «una tempestad petrificada».

Esta Cuenca de Tejeda está labrada sobre materiales de los tres ciclos magmáticos. En líneas generales, apa-



Foto 4.-Domo fonolítico de Risco Blanco. Obsérvese los pliegues de arrastre que provoca en las rocas en las que intruye.

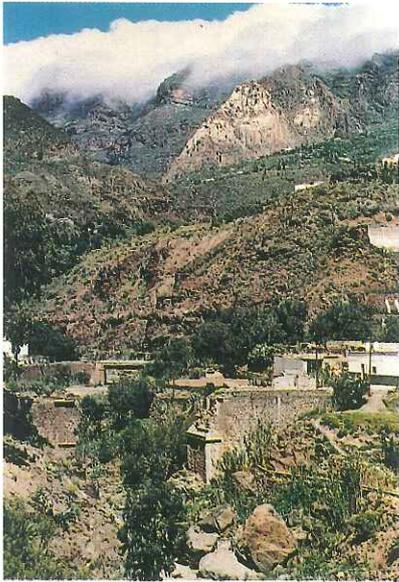


Foto 5.—Restos del puente que fue destruido en el deslizamiento de Rosiana del año 1956. Al fondo y dominando el paisaje, Risco Blanco.

recen en el fondo de estos barrancos materiales del Ciclo I, con excepción de sus basaltos más antiguos. Discordante sobre estos materiales, se encuentran lavas y potentes depósitos de brechas volcánicas del Ciclo II los cuales constituyen los restos del desaparecido estratovolcán Roque Nublo (Foto 3). Finalmente, en la parte superior de algunos barrancos, afloran localmente coladas y piroclastos del Ciclo III, como por ejemplo el volcán de Juan Gómez, a la izquierda del mirador, que dio lugar a una colada que alcanzó el fondo del Barranco de Tejada.

Parada 4.—Risco Blanco

Desde la Cruz de Tejada se continúa por la carretera 811 hasta alcanzar el municipio de San Bartolomé de Tirajana. Durante todo este trayecto vamos atravesando materiales del Ciclo I que fueron depositados dentro de la Caldera de Tejada, así como las intrusiones posteriores de sienitas y los diques del cone-sheer. Por ello, dichos materiales presentan un aspecto muy alterado y en donde resulta difícil distinguir a veces la roca de caja que queda entre los diques. Siempre encima de estos materiales y en discordancia, se observan los depósitos de lavas y brechas del Ciclo II.

El pueblo de San Bartolomé de Tirajana se encuentra situada en el interior de una amplia depresión de más de

5 Km de diámetro y cerrada por grandes escarpes de 200 a 350 m de altura. Estas paredes verticales están compuestas por un apilamiento de materiales del Ciclo II (que formaban parte de la antigua ladera SE del estratovolcán Roque Nublo) y en ellas nacen numerosos «calderos» que alimentan barrancos tan importantes como el de Tirajana o Fataga. Hacia el centro de estos escarpes se alza majestuoso un domo fonolítico de color blanco que domina el paisaje: es Risco Blanco.

Risco Blanco presenta unas dimensiones aproximadas de 500 × 400 m de diámetro y 400 m de altura. Atendiendo a su morfología y a su génesis, se clasifica como un cumulo-domo de expansión endógena en forma de cáscara de cebolla, es decir, su crecimiento se realizó desde el interior al exterior por medio de sucesivos aportes magmáticos que fueron instruyendo en la zona de su núcleo. Este domo se inyectó en los materiales del Ciclo Roque Nublo en los que provocó pliegues de arrastre (Foto 4). Este domo ha sido datado en unos 3,8 m.a., por tanto perteneciente al Ciclo Roque Nublo.

Parada 5.—Rosiana

Continuando por la carretera 811 y pasado San Bartolomé de Tirajana podemos seguir apreciando la depresión de tirajana. Observamos cómo al pie de sus escarpes se amontonan abun-

dantes depósitos brechiformes compuestos por bloques de muy diversos tamaños (algunos de dimensiones métricas) y naturalezas (tanto del Ciclo I como del II) inmersos en una matriz limo-arcillosa de carácter plástico. Estos depósitos han sido el resultado de grandes deslizamientos del terreno (landslides) que han actuado desde el Plioceno Superior (a partir del II Intervalo de inactividad volcánica) hasta la actualidad.

Uno de estos deslizamientos afectó en febrero de 1956 al barrio de Rosiana (entre los municipios de San Bartolomé y Santa Lucía de Tirajana). Coincidiendo con fuertes precipitaciones, este deslizamiento arrastró, a modo de alfombra, numerosas casas y un puente por el que discurría la antigua carretera, provocando el desalojo de unas 300 personas. Todavía se aprecian restos de estas casas, en donde las paredes que permanecieron en pie presentan una fuerte inclinación en la dirección del movimiento, así como del puente (Foto 5).

Parada 6.—Las Fortalezas de Ansite

Una vez alcanzando el municipio de Santa Lucía de Tirajana tomaremos la carretera 815 y a la altura de su Km 49 nos desviaremos a la derecha para acercarnos a Las Fortalezas de Ansite (Fortaleza Grande y La Fortaleza). Según una leyenda, estos promontorios

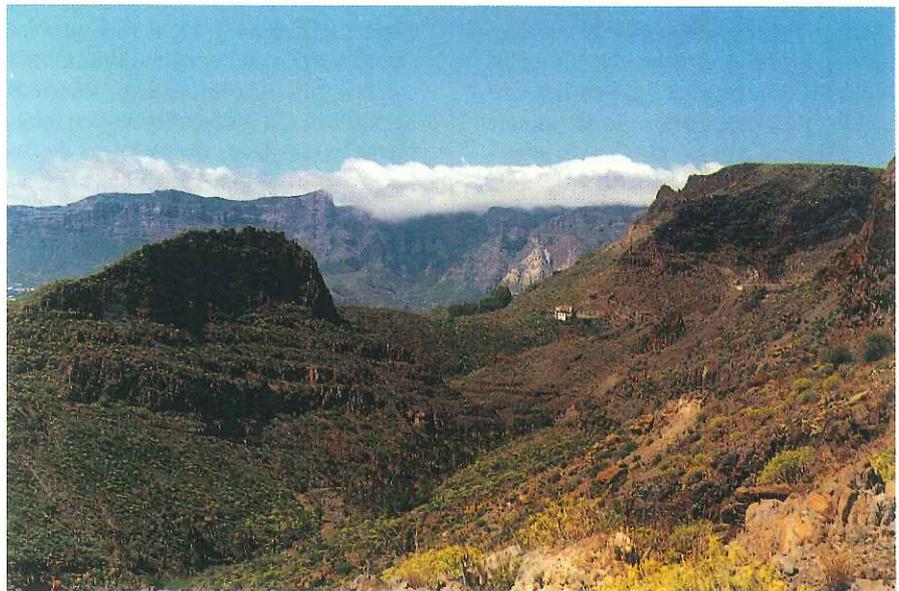


Foto 6.—Vista general de las Fortalezas de Ansite. En primer término y a la izquierda, La Fortaleza labrada en lavas del Ciclo III que se apoyan sobre otras de la Formación Basáltica del Ciclo I.



Foto 7.—Detalle de Brecha Roque Nublo con restos de moldes vegetales.



Foto 8.—Pliegues de flujo en ignimbritas traquíτικο-riolíticas del Ciclo I.

rocosos llenos de cuevas (hasta hace poco tiempo aún se encontraban en ellas restos arqueológicos) fueron uno de los últimos reductos de los pobladores prehispánicos ante la conquista que llevó a cabo la Corona de Castilla. Así, el 29 de abril de 1483 algunos de estos aborígenes prefirieron arrojar al vacío al grito de «¡Atis Tirma!» que caer hechos prisioneros.

Geológicamente, estos promontorios representan restos erosivos en forma de cuchillos labrados sobre lavas del Ciclo II (Foto 6). Además, en esta área nos encontramos en un sector del borde sur de la Caldera de Tejada que sólo se distingue mediante criterios litológicos: a partir de la Fortaleza Grande y hacia el SE comienzan a aflorar lavas pertenecientes a la Formación Basáltica del Ciclo I, mientras que hacia el NO (hacia el interior de la caldera) no existen estos materiales y en su lugar afloran lavas e ignimbritas traquíτικο-riolíticas que progresivamente presentan un mayor número de inyecciones de diques.

Parada 7.—Restos vegetales en Brechas Roque Nublo

Una vez visitadas las Fortalezas, retomaremos la carretera 815 y seguiremos por ella hasta su Km 46 (casi enfrente de La Fortaleza). A mano izquierda, existe una pequeña presa construida sobre Brechas Roque Nublo que son el objeto de esta parada.

Se presentan con una morfología lenticular indicativa de la adaptación de estos materiales al paleocanal por el que debieron discurrir. Son depósitos fragmentarios en los que se distingue

varios componentes: fragmentos de rocas anteriores (líticos), vidrios vesiculados (pómez) y/o densos, cristales y una matriz cinerítica. Estructuralmente presentan un carácter masivo, caótico, con muy mala clasificación de sus componentes y en su base destacan abundantes restos de moldes vegetales que presentan una orientación preferente (Foto 7). Estos depósitos son el resultado de la acción de unas especies de «nubes ardientes» que en su rápido movimiento van asolando la vegetación, incorporándola y orientándola en el sentido del flujo.

Parada 8.—Pliegues de flujo en ignimbritas traquíτικο-riolíticas

Continuando por la carretera 815, entre sus Km 44 y 41, vamos atravesando sucesivos depósitos ignimbríticos traquíτικο-riolíticos exocaldéricos del Ciclo I. En todos ellos suelen apreciarse bases planas obsidiánicas de color negro, debido a sus bruscos enfriamientos, pero a diferencia de las Brechas Roque Nublo, casi no presentan restos líticos y los vítreos se encuentran muy estirados confiriendo a la roca una estructura en «flamas». En ocasiones, las flamas llegan a presentar un enorme estiramiento llegando a formar estructuras boudinadas y pliegues cuyas charnelas suelen orientarse concordantemente con la dirección del flujo. Estas estructuras flameadas, los pliegues de flujo y las bases obsidiánicas, indican que la temperatura de emplazamiento de estas ignimbritas fue superior a los 600 °C.

Aunque la carrera es estrecha y sinuosa, y resulta difícil aparcar, merece

la pena intentarlo para ver algunas de estas características, como los pliegues de la Foto 8 que son un caso extremo de pliegues en domo (los denominados coloquialmente por los tectónicos como «pliegues en condón»).

Con esta parada finaliza el itinerario propuesto. Desde ella es recomendable seguir la carrera 815, desviarnos luego hacia el Cruce de Sardina y allí tomar la autopista que conduce directamente a Las Palmas. Nos habremos ganado un merecido descanso, una ducha refrescante y una buena cena. A los amantes del pescado, existen numerosos restaurantes que ofrecen pescado fresco típico de Canarias (Sama, Vieja, Cherne, etc.).

Esperamos que disfruten de este itinerario y les animamos para que pasen algunos días más entre nosotros y recorran otras áreas de Gran Canaria que tanto por sus contrastes paisajísticos, como por los de vegetación, etc., se ha ganado merecidamente el sobrenombre de «continente en miniatura». ■

Bibliografía recomendada

ARAÑA, V. y CARRACEDO, J. C. (1978): «Los volcanes de las Islas Canarias. III: Gran Canaria». Ed. Rueda, Madrid, 175 pp.
 FUSTER, J. M.; HERNANDEZ-PACHECO, A.; MUÑOZ, M.; RODRIGUEZ BADIO-LA, E. y GARCIA CACHO, L. (1968): «Geología y Volcanología de las Islas Canarias. Gran Canaria». Instituto «Lucas Mallada», C.S.I.C. 243 pp.
 ITGE (1990): Mapa geológico de España a escala 1:25.000. Proyecto MAGNA: Gran Canaria (15 hojas y memorias explicativas).
 ITGE (1992): Memoria y mapa geológico de Gran Canaria a escala 1:100.000.
 SCHMINCKE, H. U. (1990): «Geological field guide of Gran Canaria». Ed. Pluto-Press (4th edition), 212 pp.

LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA EN LAS ISLAS CANARIAS



José Luis Barrera Morate

Lic. en C. Geológicas por la U.C.M. en 1972. Desde 1972 a 1982 fue Profesor de Petrología Endógena en la Facultad de C. Geológicas de la U.C.M. En 1982 entra a formar parte del equipo técnico de la Empresa GEOPRIN, S. A. Desde 1988 ocupa el cargo de Director Gerente de GEOPRIN, S. A. Ha publicado numerosos artículos científicos de su especialidad en revistas nacionales y extranjeras. Desde 1985 viene actuando como responsable del equipo técnico de GEOPRIN, S. A., que ejecuta el Plan Magma de las Islas Canarias.

En este trabajo se realiza un detallado y cronológico repaso de las distintas cartografías geológicas realizadas en el archipiélago canario desde los comienzos del siglo XIX hasta el Plan Magma de la década de los setenta del presente siglo.

This article takes a detailed and chronological account of all the different geological cartographies carried out from the beginning of the nineteenth century to the Magma Plan in the sevenbies of this century.

Introducción

El archipiélago canario ha sido un territorio atrasado en cuanto a la elaboración de su cartografía geológica. Hoy en día, aunque aún permanece algo rezagada, varias de sus islas ya poseen una cartografía de cierta precisión para su empleo en las diversas temáticas infraestructurales y de investigación.

Hasta años recientes, el marco global en que se movía la ejecución de la cartografía se limitaba a los trabajos de investigación realizados por las universidades y centros de investigación nacionales o extranjeros. Sólo con el comienzo del Plan Magna en Canarias, en los años setenta, este marco cambió, pues entraron también otros organismos públicos, tales como el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE).

Los factores que *marginaron* el desarrollo de esta cartografía geológica en las islas, respecto a la época en que comenzó en la península, han sido varios. Por un lado, en períodos anteriores, se consideró prioritario disponer de cartografías en aquellas zonas mineras por excelencia (minerías del carbón, y metálica, sobre todo), en donde el conocimiento de la geología se hacía necesario. Resulta evidente que, con ese criterio, las Islas Canarias quedarán apartadas. Igualmente quedaron apartadas, en un primer momento, cuando las Universidades e Institutos de Investigación del C.S.I.C. se lanzaron a hacer los primeros trabajos propios (tesis, tesinas, proyectos de investigación). Canarias no disponía aún, no sólo de Facultad de C. Geológicas, sino

de un sencillo y humilde departamento geológico. Así, los centros citados, comenzaron las cartografías más cercanas a sus ciudades, mientras que Canarias se quedaba fuera. Estaba demasiado lejos y, además, las islas eran volcánicas. ¿A quién le podían interesar los volcanes, esos bichos tan raros y tan negros?

Como es natural, el desarrollismo también llegó al archipiélago y, con él, la realización de los mapas geológicos. Los primeros que se hicieron eran de escalas pequeñas (1:200.000 ó 1:300.000), pues la base topográfica disponible era muy limitada. Posteriormente, se ha ido mejorando esta topografía básica, aunque falta bastante para alcanzar el grado de desarrollo peninsular.

La precisión y calidad de la información geológica ha estado muy ligada a la disponibilidad de unas buenas bases topográficas y redes de comunicación interna. Gracias al aumento de caminos, pistas y nuevas carreteras, han podido ser accesibles zonas que, hasta hace 15 años, eran difíciles y costosas (en tiempo) de alcanzar.

Por último, a las personas interesadas en adquirir alguno de los mapas de Canarias, hay que decirles que, los anteriores a 1977, son difíciles de conseguir. Sólo son localizables, y no todos, en bibliotecas especializadas.

Antecedentes históricos

Aunque el archipiélago canario ha sido siempre un territorio bastante atractivo para la investigación volcánológica, no se ha generado una labor



Foto 1.—Mapa de la erupción del Timanfaya realizado por el pintor majorero en el momento de la erupción. Archivo General de Simancas.

cartográfica proporcional a los años de dedicación que se llevan. Históricamente, los primeros estudiosos de su territorio fueron extranjeros. Sólo a partir del último tercio del S. XIX, es cuando comienzan a incorporarse los científicos españoles, con aportaciones cartográficas.

Desde los inicios, allá por el año 1815, los diversos autores han publicado multitud de artículos y trabajos sobre las distintas temáticas geológicas, pero muy pocos de ellos iban acompañados de una cartografía geológica (en este caso volcanológica) de cierta entidad. Todo quedaba reducido a algún esquema o bosquejo, sin precisión alguna, no ya geodésica, sino toponímica.

Puede decirse que el primer investigador de la geología canaria fue el naturalista alemán Leopold von Buch. En 1815 ya visitó las islas, recopilando información volcanológica que publicó unos años más tarde. A pesar de su interés, no generó cartografía alguna.

Curiosamente, el primer esquema cartográfico del volcanismo canario se debe a un **pintor majorero** (gentilicio

de los nacidos en Fuerteventura) y no a un científico. Con él, puede decirse, de manera un poco irónica, que comienza la cartografía volcanológica canaria. Después, vinieron las cartografías más profesionales y sistemáticas, pero... comencemos por el pintor.

El 1 de septiembre de 1730, entre nueve y diez de la noche, un estruendoso ruido desencadena la erupción volcánica histórica más larga que se conoce en Canarias. El Timanfaya, en la isla de Lanzarote, había entrado en erupción. Una enorme montaña cerca de la aldea de Timanfaya, a dos leguas de Yaiza, se elevó del seno de la tierra.

El 18 de noviembre de 1730, el Gobernador de Armas de Fuerteventura envía un pintor, de nombre desconocido, a la vecina isla de Lanzarote, para que le hiciese un Mapa de la Isla y «...dar a conocer los lugares perdidos por causa de ellas...». Este mapa, que puede verse en la **foto 1** es, realmente, un precedente estupendo de lo que será, siglos más tarde, una cartografía volcanológica: se representan las bocas eruptivas, las coladas con sus direcciones, las zonas de acumula-

ción masiva de piroclastos, y las zonas de dispersión de los mismos. ¿Para qué queremos más? ¡Y eso que era un pintor!

Este mapa tan curioso y, a la vez, tan ilustrativo, ha permanecido «*dormido*» en los fondos del Archivo General de Simancas, hasta que hace aproximadamente cuatro años fue rescatado para la historia. Sin duda, a la vista de este hecho, puede decirse que el primer mapa volcanológico de Canarias fue realizado por un canario.

En 1857, Georg Hartung, naturalista alemán, publica el primer mapa coloreado de la geología de Fuerteventura y Lanzarote. Las impresiones cartográficas y petrológicas son, como es lógico para los conocimientos de la época, bastante grandes. Baste como ejemplo que, cuando cita datos de otra isla, Gran Canaria, define las fonolitas lajeadas de Las Palmas, como unas curiosas rocas pizarrosas verde grisáceas. Realmente, el grado de observación fue correcto pero le fallaron los medios de investigación. Hay que entender que el microscopio petrográfico aún no existía.

Pero no es hasta entrado el S. XX cuando ya se puede hablar de los primeros mapas geológicos publicados en medios de cierta difusión. Este momento corresponde a la entrada en escena de los naturalistas españoles. En 1909, don Francisco Hernández Pacheco (la 2.^a generación de la Saga de los Pachecos) publica una monografía sobre Lanzarote y sus isletas. Este trabajo incluye un interesante mapa completo de la isla a escala 1:50.000, además de la primera traducción que se hace al castellano del relato del cura de Yaiza (don Antonio Lorenzo Curbelo) de la famosa erupción del Timanfaya.

En 1937, la colaboración entre los geólogos franceses Jacques Bourcart (oceanógrafo y profesor de La Sorbona) y Elizabeth Jérémine se traduce en la publicación del primer mapa coloreado completo de Gran Canaria. La escala fue 1:100.000, y surgió como una síntesis del trabajo previo a escala 1:20.000 que realizó en 1933-34 Bourcart por encargo del Cabildo Insular de Las Palmas. Particularmente emotivas resultan las palabras que incluyen en la introducción, referentes a la Guerra Civil Española: «Podemos también, al acabar este trabajo, en un momento en el que la tierra de España conoce días de lucha y duelo, hacer votos para que vuelvan los días tranquilos en los que podamos reemprender el camino de este país, que permanece siempre como una segunda patria para los que aquí han trabajado». Al año siguiente, publican la cartografía de la isla de Fuerteventura, pero esta vez a una es-

cala menor, 1:300.000. Probablemente, en este caso, no hubo cartografía previa que sintetizar. Ambos mapas iban acompañados de una completa descripción geológica, que hacía las veces de memoria.

Posteriormente, en la década de los 50, el geólogo finlandés Hans Hausen, contribuye algo más a avanzar el conocimiento cartográfico de las islas. Sus primeros viajes los inicia en 1948, utilizando el apoyo del personal y material del Museo Canario de Las Palmas. En 1958 publica las memorias geológicas, con sus correspondientes hojas a escala 1:300.000, de las islas de Lanzarote y Fuerteventura. La publicación de la memoria y mapa de Gran Canaria (foto 2) tuvo que esperar hasta 1962, aún habiendo comenzado los primeros trabajos en el bienio 1953-54. En total, el tiempo acumulado que le llevó la cartografía de esta isla fue de dos años. También de la isla de Tenerife publica su mapa a escala 1:100.000 aunque, por limitaciones en la edición, sale reducido.

Con los trabajos de Hausen puede decirse que se sentaron las bases del conocimiento cartográfico actual de varias de las islas Canarias: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, siendo su cartografía, referencia continua en las cartografías posteriores. Sin embargo, las islas occidentales seguían fuera del interés de los científicos y se quedaban todavía sin cartografiar.

Hay que esperar hasta 1963 para que, otro español, se decida a cartogra-

fiar en Canarias. Ahora le tocó el turno a la isla de Tenerife. Francisco Mingarro, publica un artículo sobre la geología de la isla, en el que incluye un mapa completo (que él llama bosquejo) a escala 1:200.000.

Al año siguiente, Telesforo Bravo, insigne profesor canario de la Universidad de La Laguna, después de varios años de experiencia geológica de campo en las Canarias, publica el primer mapa coloreado de La Gomera. Es una cartografía a escala 1:50.000 que, prácticamente, ha permanecido vigente hasta los tiempos actuales.

Hasta aquí, como se ha podido ver, los trabajos cartografiados aparecidos habían sido obra del esfuerzo individual de investigadores aislados. Muchos de ellos sin formación aún en la joven ciencia de la volcanología y petrología, con pocos medios económicos, malas bases topográficas y pocos accesos. En fin, toda una proeza.

Es durante la década de los 60, cuando se inicia el primer proyecto colectivo y continuado de ejecución de la cartografía geológica canaria. Un grupo de geólogos españoles, lo llevan a cabo. El Instituto Lucas Mallada del C.S.I.C. integrado en su mayoría por profesores de la Facultad de C. Geológicas de la U.C.M. y la Universidad de La Laguna, realizan el levantamiento sistemático de la cartografía del archipiélago. Ahí se encontraban, nombres tan conocidos como J. M. Fuster (catedrático y director del proyecto), M. Aguilar, A. Aparicio, V. Araña, J. L. Brändle, A. Castañón, A. Cendrero, L. García Cacho, A. Hernández Pacheco (el 3.º y el último de la Saga de los Pachecos), J. M. Navarro, E. Rodríguez Badiola, J. L. Ruiz, V. Sánchez Cela, entre otros. Se trabaja en campo a escala 1:25.000, y la investigación comienza en 1964 en la isla de Lanzarote. Se utilizan por primera vez como bases topográficas, las hojas militares del Servicio Cartográfico del Ejército que, dicho sea de paso, dejaban mucho que desear. Se gestaron en esa isla, y esos tiempos, las famosas series volcánicas I, II, III y IV, que fueron luego transportadas al resto de las islas, y tan usadas por todos los investigadores españoles posteriores. Sin duda, la aportación del profesor Telesforo Bravo a todo este equipo fue de suma importancia. El se encargó de transmitirles todo su conocimiento geológico de las islas, adquirido en muchos años de experiencia de campo.

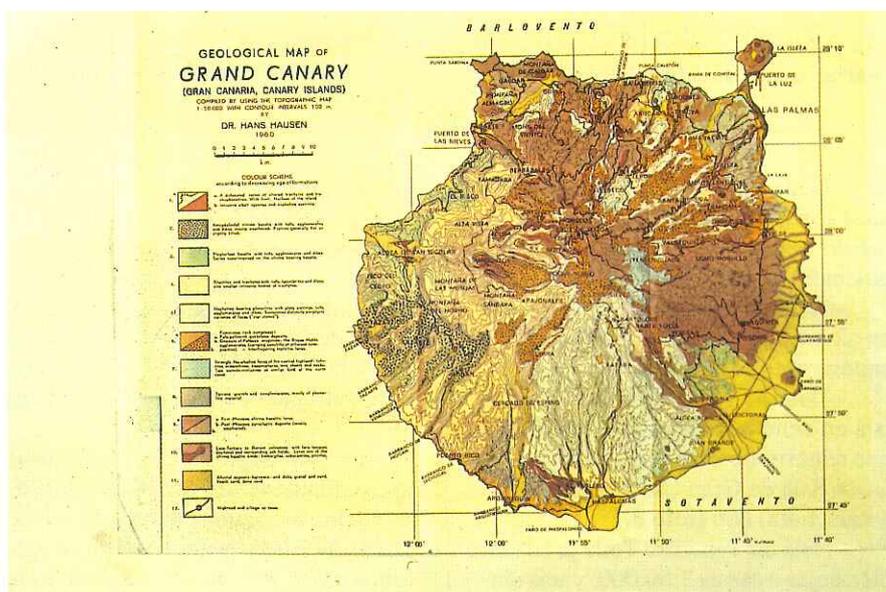


Foto 2.-Mapa Geológico de la isla de Gran Canaria. Autor: H. Hausen.

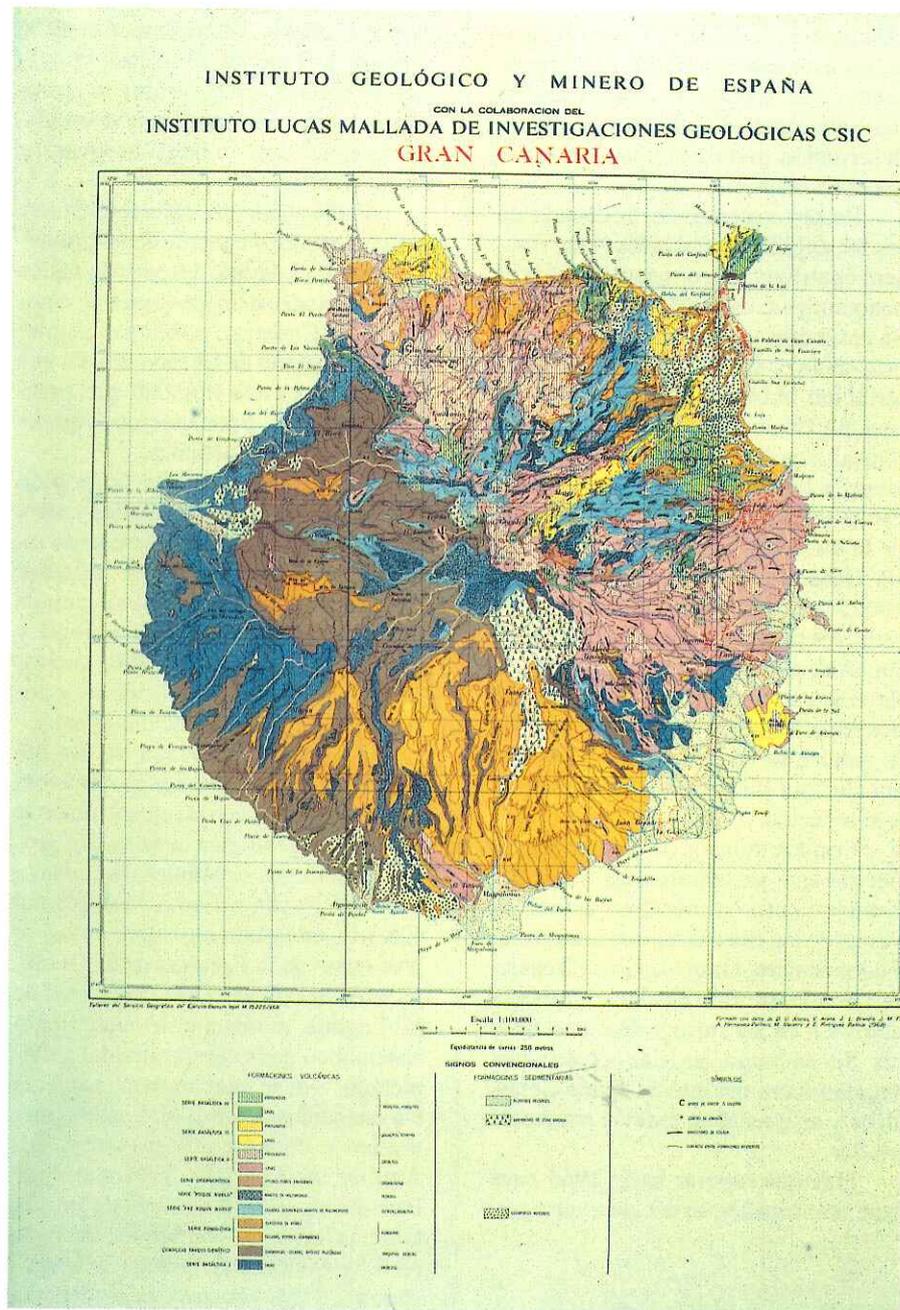


Foto 3.-Mapa Geológico de la isla de Gran Canaria. Autor: Instituto Lucas Mallada (CSIC).

Durante los siguientes tres años, y aprovechando los períodos de vacaciones docentes, todo este equipo de geólogos, muchos de ellos recién licenciados, acometió la dura tarea. Se cartografiaron las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, con suerte desigual.

Este enorme esfuerzo quedó acelerado por el interés que hubo en publicar esa cartografía, aunque fuese en plan sintético, para el Simposium de la Asociación Internacional de Volcanología que se iba a celebrar en Canarias en 1968. La edición la realizó, a la sazón, el Instituto Geológico y Minero

de España (hoy ITGE) durante los años 1967, 68 y, Tenerife, 1969. La relación de mapas publicados es la siguiente:

- Isla de Lanzarote. Toda la isla en siete hojas a escala 1:50.000, y una síntesis o escala 1:100.000.
- Isla de Fuerteventura. Toda la isla en ocho hojas a escala 1:50.000 y una síntesis a escala 1:100.000.
- Isla de Gran Canaria. Síntesis a escala 1:100.000 (foto 3).
- Isla de Tenerife. Toda la isla en diez hojas a escala 1:50.000, y una síntesis a escala 1:100.000.

Todas las hojas 1:50.000 se edita-

ron con una escueta memoria, en la que se destacaban, principalmente, los aspectos estratigráficos y petrológicos.

En el resto de las islas, otra vez las occidentales, no se realizó la cartografía. Causas diversas desmembraron parte del equipo original de geólogos y, una nueva política cartográfica imperó en los años siguientes. No fue hasta el comienzo del Plan Magna en Canarias (años 1975-76) cuando se volvió a cartografiar sistemáticamente el archipiélago, sobre las hojas topográficas.

Durante ese período transicional, de casi diez años, se continuaron haciendo trabajos cartográficos, pero como parte de tesis doctorales, tesinas y otros proyectos de investigación. El peso principal de esta información se generó en el Departamento de Petrología y Geoquímica de la UCM, con la colaboración de los investigadores del Instituto Lucas Mallada. Así, en 1975, se publica un mapa de El Hierro a escala 1:50.000 en la tesis de M.^a José Pellicer. También se realizaron las tesis de F. Hernán y F. Anguita en Gran Canaria, de J. Coello, J. M. Navarro y V. Araña en Tenerife, de A. Cendrero y C. R. Cubas en Gomera, y multitud de pequeños trabajos que incluyeron esquemas o bosquejos cartográficos de áreas puntuales.

El Plan Magna

Con la puesta en marcha del Plan Magna a comienzos de los 70, por parte del Instituto Geológico y Minero de España (el actual ITGE), Canarias se incorpora a su desarrollo a mediados de dicha década.

La primera isla que se abordó fue Tenerife, y la escala de trabajo la 1:25.000, más amplia, por tanto, de la 1:50.000 que se empleaba en la península. El proyecto, aunque contratado con ENADIMSA, ésta, a su vez, contó intensamente con la colaboración de muchos de los geólogos del Departamento de Petrología de la UCM, de la Univ. de La Laguna y del ILM. En la primera fase se ejecutó un 50 % de la isla, publicándose las hojas en el año 1978.

En una segunda fase se cubrió, aproximadamente, un 30 % más. El proyecto lo siguió ejecutando ENADIMSA. En la tercera y última fase (años 1984-85), se acometió el resto (península de Teno, zona norte de Icod y Puerto de la Cruz). En esta

ocasión, ENADIMSA ejecutó una pequeña parte, mientras que la empresa GEOPRIN, con contrato independiente con el IGME, realizó las tres hojas más grandes. Este último bloque de hojas se publicó en 1988. Nombres como M. Martín y Esnaola (ambos de ENADIMSA), y J. L. Barrera Morate, J. A. Gómez y F. Bellido (de GEOPRIN, S. A.) formaron el equipo técnico que lo realizó.

El inconveniente principal con que se tropezó en Tenerife no fue de naturaleza geológica, sino topográfica. Las bases disponibles eran muy antiguas y, por tanto, la altimetría y planimetría no ayudaron mucho para posicionar las unidades y elementos geológicos. Por su parte, el contenido de las memorias se centró fundamentalmente en los aspectos estratigráficos y petrológicos.

Simultáneamente al trabajo de Tenerife, y con ánimo de no dejar atrásada la provincia de Las Palmas, el Instituto Geológico decidió realizar algunas hojas Magna en ella. Aprovechando que el equipo del profesor J. M. Fuster tenía un gran conocimiento del Complejo Basal de Fuerteventura, con cartografías inéditas muy detalladas a escala 1:5.000 (la base topográfica del Cabildo Insular), parecía oportuno editar esa cartografía de tan difícil, compleja e interesante formación. ¿Quién mejor que los especialistas en esas rocas, que llevaban ya muchos años estudiando la formación, podía realizar el proyecto? Era evidente que, en aquel momento, nadie.

El proyecto lo contrató el IGME con ENADIMSA, participando como subcontrata el equipo del Departamento de Petrología de la UCM y del Instituto de Geología Económica del CSIC. ENADIMSA realizó las hojas de Antigua y Puerto del Rosario con los geólogos M. Martín y J. M. Esnaola, mientras que el equipo de petrología con J. L. Barrera, J. M. Fuster, M. Muñoz y J. Sagredo, ejecutó las dos hojas más completas del Complejo Basal: Pájara y Betancuría. Las campañas de campo y la redacción de memorias se hicieron en 1981, pero hasta 1984 no se publicaron. Las bases topográficas continuaron siendo las antiguas del Servicio Geográfico del Ejército.

A partir de esos momentos, y una vez realizada completamente la isla de Tenerife y cuatro de las veinte hojas de Fuerteventura, el IGME consideró más eficaz, realizar los proyectos por islas completas. De esa manera, se evitarían

las «discordancias» en los cambios de información entre hojas hechas por equipos distintos, o falta de continuidad en el equipo ejecutor, con el consiguiente riesgo de desaparición del mismo.

En 1987 comienza el Plan Magna de Gran Canaria. Quince hojas conforman la isla. El proyecto lo desarrolló, por concurso público, la empresa GEOPRIN. Parte del equipo técnico que cartografió las últimas hojas de Tenerife, pasó a ejecutarlo, con nuevas incorporaciones, tal como exigía un proyecto trienal de esa magnitud. El equipo base estaba formado por los geólogos R. Balcells, J. L. Barrera y J. A. Gómez. Se contó, además, con la colaboración de los profesores de la Universidad de la Laguna, F. Hernán, J. Coello y J. Meco. Por fin, la base topográfica 1:25.000 que se utilizó era nueva, generada por restitución fotogramétrica.

En 1990 se editaron todas las hojas con sus memorias. Por primera vez en la historia del Magna de Canarias se incorporaron los mapas geomorfológicos de cada una de las hojas; el profesor gallego J. R. Vidal Romaní fue el encargado de realizarla. Igualmente se amplió el contenido de los capítulos de las memorias, incluyendo más información de lo que se hacía hasta entonces.

Dos años más tarde, y también por el mismo equipo de geólogos, se publica la memoria y hoja a escala 1:100.000 de la isla (foto 4). Es una síntesis del Plan Magna, y supone la

vuelta a la cartografía 1:100.000, después de 24 años.

La síntesis a esa escala en Canarias es equivalente a la 1:200.000 que hace el ITGE en la península, una vez que sobre un territorio se ha elaborado ya la cartografía 1:50.000.

Inmediatamente a continuación de Gran Canaria, el ITGE saca a Concurso en 1989 toda la isla de Fuerteventura: 20 hojas y la Síntesis 1:100.000. GEOPRIN, con su mismo equipo de geólogos, R. Balcells, J. L. Barrera y J. A. Gómez, ejecuta todo el proyecto, que tiene una duración trienal. En esta ocasión, se incluyen nuevos capítulos en las memorias, como el de geotecnia, y se profundiza más en aquellos de contenido aplicado: hidrogeología, minería y canteras, etc. No se descuida, por supuesto, el resto de los capítulos tradicionales de estratigrafía, tectónica, petrología, historia geológica y puntos de interés geológico.

La edición de los planos de Fuerteventura está aún sin realizarse.

El esfuerzo del ITGE continúa y, al terminarse la isla de Fuerteventura, saca a concurso el proyecto de Lanzarote (10 hojas) y de Gomera (5 hojas). Esto sucede a finales de 1991, con una previsión de finalización en 1994. Nuevamente R. Balcells, J. L. Barrera y J. A. Gómez, vuelven a coger aviones, y comienzan el proyecto por Lanzarote. A día de hoy, la cartografía de esa isla está ya terminada y comenzada la de Gomera.

Como ha podido observarse, dos islas occidentales, La Palma y El Hie-

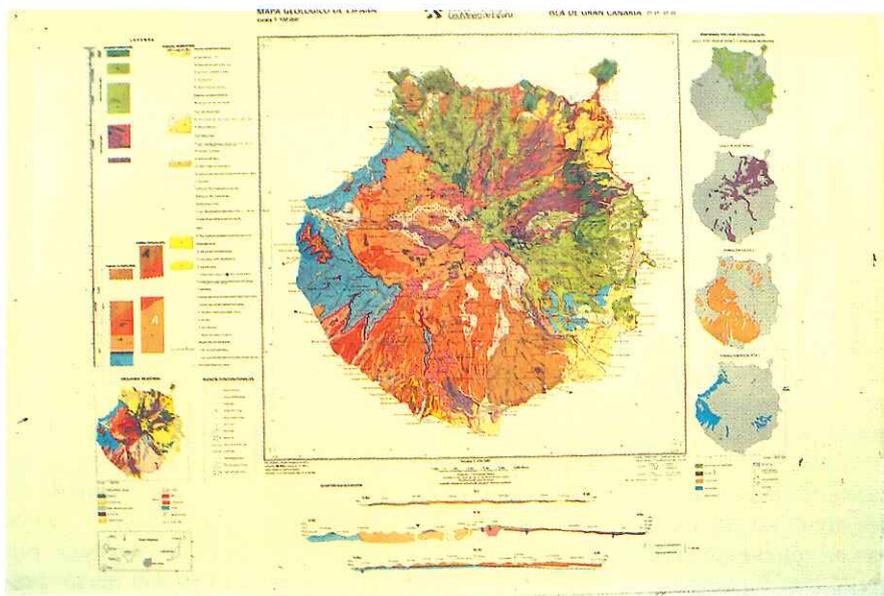


Foto 4.—Mapa Geológico de la isla de Gran Canaria. Autor: ITGE (GEOPRIN, S. A.).

ro –siempre las mismas– se quedarán para el final. Esperamos que en un tiempo cercano, si los presupuestos le permiten, puedan tener los canarios toda la geología de sus tierras plasmada en sus planos 1:25.000. La necesidad de planificar y desarrollar su territorio, a través de múltiples planos infraestructurales: hidrológicos, de carreteras, medioambientales, etc., así lo requiere.

Las nuevas tecnologías

Desde que el *pintor majoreiro* realizó su Mapa Volcanológico, hasta nuestros días, las herramientas de trabajo para cartografiar han cambiado mucho.

Actualmente, las bases topográficas empleadas están cada vez más actualizadas y se fundamentan siempre en fotorrestituciones, con lo que se gana enormemente en precisión.

También las fotografías aéreas utilizadas en los reconocimientos de campo son más precisas, al tener una escala mayor (1:18.000, 1:10.000) y ser más modernas que las que se habían utilizado hasta hace pocos años.

La teledetección es una técnica que ya se incorpora con rapidez el Plan Magna, siendo de gran utilidad para la mejor definición de los elementos estructurales del territorio.

Pero, donde más se están aplicando las nuevas tecnologías es a la impresión y edición de los mapas. En 1992, y dentro del programa de digitalización del Plan Magna, el ITGE decidió digitalizar e incorporar un S.I.G. a las 15 hojas 1:25.000 de Gran Canaria ya editadas. El resultado ha sido muy bueno, y permite un análisis mucho más rápido de la información geológica contenida en los mapas. En este momento, la isla de Lanzarote se está digitalizando y, lo mismo se hará con Gomera. Este hecho permitirá al potencial usuario de la cartografía una consulta más rápida y sectorial, es decir, se podrá solicitar un sector determinado de una isla, aumentado o reducido a la escala que convenga, con la selección de temas específicos que se deseen.

Otra forma de dar a conocer la cartografía canaria, esta vez con fines divulgativos, es la edición de mapas en relieve de zonas de alto valor geológico y paisajístico. Así, desde 1988, el ICONA está realizando la edición en relieve de los Parques Na-

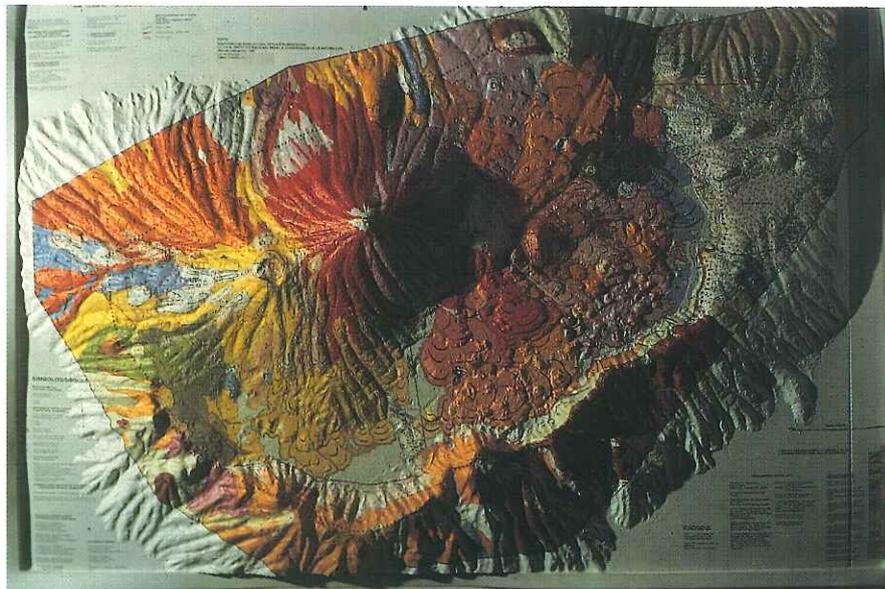


Foto 5.–Mapa Geológico en relieve del Parque Nacional del Teide. Autor: ICONA (GEOPRIN, S. A.).

cionales Canarios. En este proyecto, ejecutado por el equipo técnico de GEOPRIN, han colaborado geólogos de la Universidad de La Laguna (T. Bravo y J. Coello, en el Parque de Timanfaya) o volcanólogos expertos en las islas, como J. M. Navarro (Parques del Teide (foto 5) y Caldera de Taburiente). Este último mapa de la Caldera de Taburiente, está aún en realización.

La edición de estos mapas en relieve es muy limitada y no está puesta a la venta, pero cualquier interesado puede verlos y consultarlos en los centros de visitantes que el ICONA tiene en los parques.

El futuro

Desde luego, una de las actuaciones cartográficas más necesarias para el archipiélago es concluir el Plan Magna. Esperemos que la tal anunciada reducción del Gasto Público no afecte a la conclusión del Plan.

Los que hemos trabajado en el Magna somos, tal vez, los que mejor conocemos lo que queda aún por hacer. La demanda creciente de un conocimiento cada vez más profundo del territorio, obliga a estudios más completos en formaciones geológicas específicas. Esto requiere cambiar de escalas, e incorporar otros datos dispersos generados en otras disciplinas o proyectos. Falta aún mayor precisión cronoestratigráficamente en varias formaciones. Esto sólo se puede

solventar con más datos geocronológicos que completen la evolución espacio-temporal de los episodios volcánicos ya conocida.

La previsión del riesgo volcánico requiere, entre estas cosas, una detallada cartografía neotectónica que, el Plan Magna, no ha podido contemplar. Aspectos como el grado de ascenso y descenso de las costas (movimientos en la vertical), inclinación de grandes bloques, sentido de la migración de las fisuras eruptivas, son algunas cuestiones a considerar en los mapas neotectónicos. La incorporación sistemática de la teledetección a esta investigación es una cuestión fundamental.

Igualmente, para el buen conocimiento de los aspectos hidrogeológicos, se requiere una integración de todos los datos de sondeos, geofísicos, de galerías y de pozos, con los propiamente geológicos de las memorias Magna. Se obtendrían así, cartografías específicas hidrogeológicas muy útiles para la explotación de un recurso tan necesario en Canarias como es el agua.

También cartografías geotécnicas a diversas escalas, suponen una información útil para el desarrollo de la obra civil en el archipiélago.

En fin, esperemos que en pocos años, las Islas Canarias puedan disponer de un conocimiento detallado y completo de su cartografía geológica infraestructural, que ayude al desarrollo de una comunidad tan necesitada. ■

DINOSAURIOS HASTA EN... LOS SELLOS

Desde hace muchos años, un gran número de países han incluido en sus emisiones filatélicas series monográficas dedicadas a temas relacionados con el mundo de la Geología, como ha sido el caso de la mineralogía, la volcanología, la paleontología, la malacología-conquiliología, etc...

Dentro de este amplio e interesante campo de la filatelia, el tema de los «lagartos terribles» o «Dinosaurios», como los definió por primera vez el profesor británico Richard Owen en 1842, ha merecido el interés de varios países, incluso desde mucho antes de que la «dinomanía» nos invadiera de forma abrumadora de la mano del reciente libro de Michael Crichton «Jurassic Park» y de su archiconocida versión cinematográfica de Steven Spielberg.

Los primeros países que emitieron sellos con temas de Dinosaurios fueron la República de San Marino (1965), con dos sellos de 1 y 2 liras con reproducciones de Broncotosaurus y Brachiosaurus, y Polonia (1967), con una imagen de Stegosaurus.

Con posterioridad, en la década de los 80, la República de Cuba emitió dos bellas series (1985 y 1987) dedicadas al Valle de la Prehistoria / Parque Nacional de Baconac, con 11 reproducciones de dinosaurios y de sus habitats.

Pero el año 1992, y coincidiendo con la edición del mencionado libro de Crichton, ha sido realmente el «año de los Dinosaurios» dentro del mundo filatélico, en el que se han emitido tres bellísimas series sobre el mundo de los Dinosaurios, por los servicios postales de Tanzania, Guayana y Maldivas.

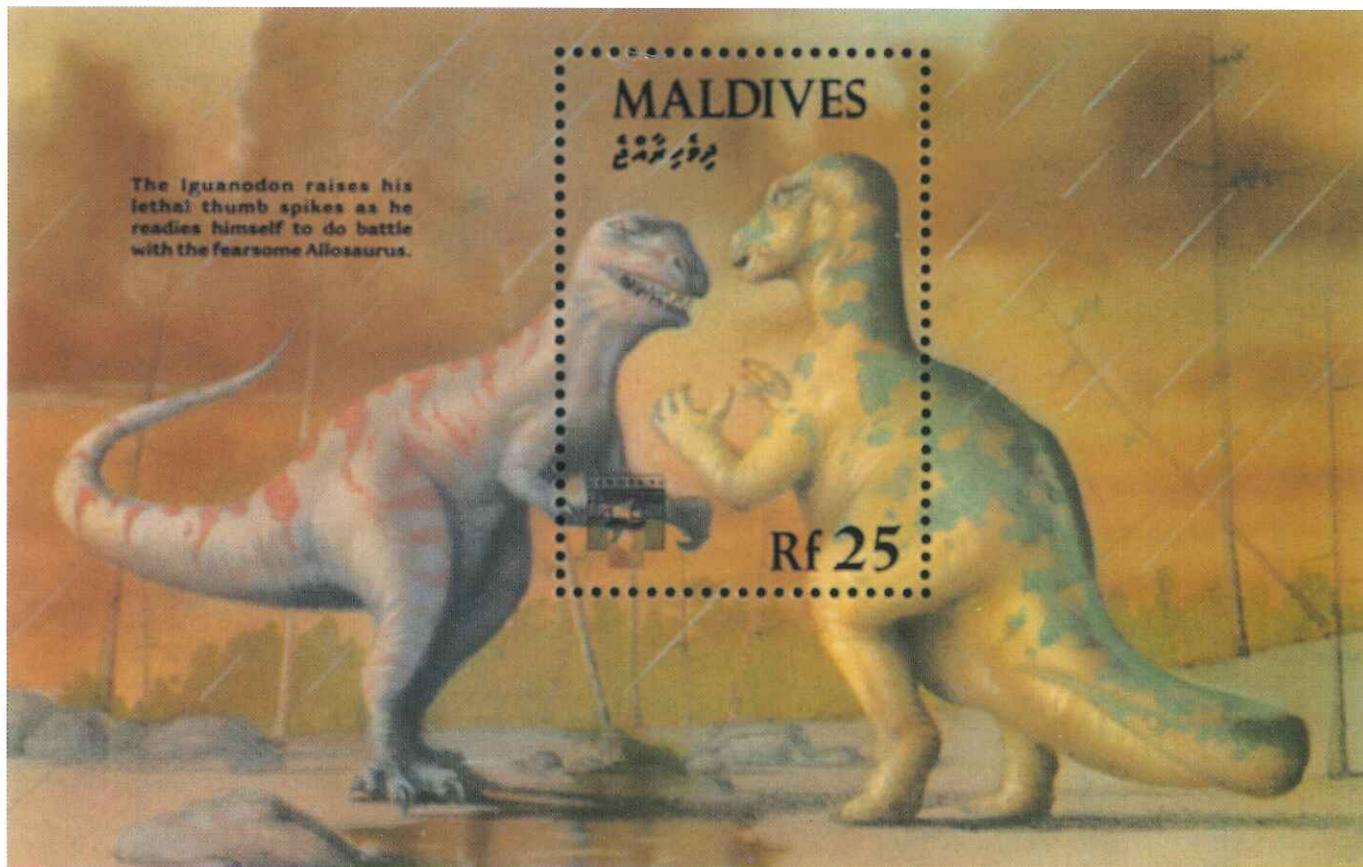
Como muestra de estas recientes ediciones valdría la emitida por la República de Maldivas, país asiático situado en el océano Indico, en plena plataforma continental India y a 450 Km al sur de la isla de Ceilán.

Este bello país está compuesto por una docena de atolones coralinos, con cerca de 2.200 pequeñas islas, en su mayoría desérticas, y una superficie total de 298 Km², que constituyen un verdadero paraíso turístico.

El archipiélago, surgido al borde de la plataforma submarina india, actuó de obstáculo a las grandes olas del océano, que levantaron y arrasaron islas caprichosamente, dando lugar a curiosos testimonios de viajeros y marinos, que las consideraron «mágicas», dado que «(...) algunas islas aparecían y desaparecían en el curso de las tormentas, como espejismo, llegando a contar, en algunos períodos, con cerca de 40.000 islas».

Las islas estuvieron regentadas por el sultanato de la Dinastía Dídi desde el siglo XIV hasta 1968. Pasó a ser protectorado británico en 1906 hasta mayo de 1965, en que adquirió la independencia. Tres años más tarde, y por medio de un Referéndum, se proclamó la República de Maldivas.

Las primeras emisiones filatélicas corresponden a los comienzos del protectorado británico, con sellos del año 1906 en los que aparecen figuras cingalesas con la esfinge del soberano británico Eduardo VII, y de 1909 con reproducción del Miravete de Malé.



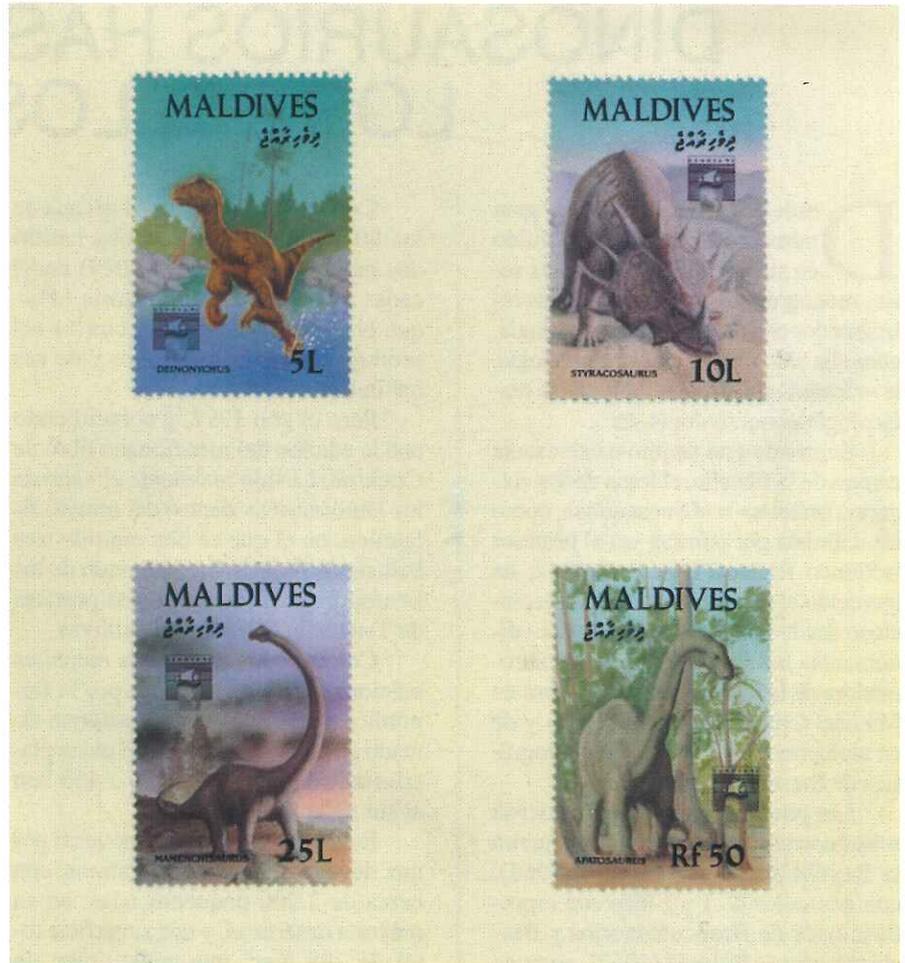
La primera vez que la joven república Maldiva emitió sellos con motivos naturalistas fue en 1974, en que reprodujo una serie sobre la belleza y variedad de las conchas del archipiélago, como los *Chicoreus Ramosus*, la *Harpa Mayor* y la *Cassis Navis*, que sirvieron hasta el siglo XVI como moneda básica en todos los mercados de África y Asia.

En 1978, y en conmemoración del 10º Aniversario de la proclamación de la República, se emitió otra serie naturalista, con reproducción de vistas de los 12 atalones del archipiélago.

Finalmente, la serie de 1992 dedicada a Dinosaurios, está compuesta por una hoja bloque de un solo sello que representa la lucha entre un *Iguanodón* y un *Allosaurus*, y cuatro sellos de diferentes valores con reproducciones de *Deinomychus*, *Styracosaurus*, *Mamenchisaurus* y *Apatosaurus*.

En el extremo superior izquierdo de la hoja bloque aparece una inscripción en inglés en la que puede leerse: «El *Iguanodón* levanta su mortal espón pulgar, a medida que él mismo se prepara para combatir con el *Alosaurus* feroz» ■.

Manuel Rolandi Sánchez-Solís

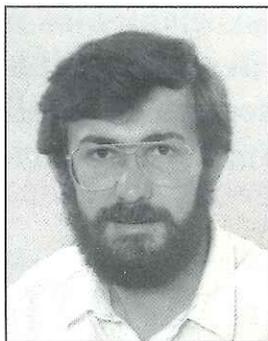


Gestión e Ingeniería de Agua y Medioambiente

DHV España SL
Avenida de los Madroños, 55
28043 Madrid

tel (91) 300 38 78
fax (91) 388 08 01

«MINERALIZACIONES DE TIERRAS RARAS: LOS COMPLEJOS DE ROCAS PLUTONICAS ALCALINAS Y CARBONATITAS DEL COMPLEJO BASAL DE FUERTEVENTURA (ISLAS CANARIAS)»



José Mangas Viñuela

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca, su faceta investigadora está orientada hacia la Geología Económica (yacimientos minerales del Oeste Peninsular) y Regional (Archipiélago Canario). En la actualidad es Profesor Titular de Universidad en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



Francisco José Pérez Torrado

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca, se doctoró en Ciencias del Mar por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Su área de investigación es el volcanismo ligado a islas oceánicas y en la actualidad ejerce como Profesor Ayudante en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Los complejos intrusivos alcalinos de Fuerteventura se han explorado como fuente potencial de Tierras Raras. Dos complejos constituidos por rocas ultramáficas a sálicas y carbonatitas aparecen en la isla, uno el de Puerto de La Peña-cueva de Lobos (≈ 60 m.a.) en el centro-oeste y otro el de Esquinzo (≈ 30 m.a.) en la zona norte. Las calciocarbonatitas (sövitas y alwikitas), formadas en las fases últimas de estos complejos, muestran los valores más altos de Tierras Raras (511-7.324 ppm) y estos elementos están asociados principalmente a carbonatos (synchysita), fosfatos (apatito) y silicatos (allanita).

Alkaline intrusive complexes at Fuerteventura have been explored as potential source of REE. Two main complexes constituted by ultramafic to salic rocks and carbonatites are present in the island: the Puerto de la Peña-Cueva de Lobos (≈ 60 Ma) in the western centerpoint and the Esquinzo (≈ 30 Ma) in the northern zone. The calciocarbonatites (sövites and alwikites), formed in the last crystallization phases of these complexes, show the highest values of REE (511-7,372 ppm) and these elements mainly are associated with carbonates (synchysite), phosphates (REE apatite), silicates (allanite).

1.-Los recursos minerales de tierras raras

Primera mente, conviene recordar que las Tierras Raras (TR) están formadas por 15 elementos con números atómicos entre el 57 y el 71, y se dividen en dos grupos: el del Ce o TR ligeras del La al Eu y el del Y o TR pesadas del Gd al Lu, más el Y. El término de «Raras» es confuso pues el Ce, que es el elemento más abundante de todas ellas, aparece en la corteza en mayores concentraciones que por ejemplo el Sn, Co y el Mo; y el Tm, que es el más escaso, es incluso más abundante que el Au, Pt, Ag o Cd. Las TR representan cerca del 0,02 % en peso de la corteza superior de la Tierra y raramente forman sus propios minerales, apareciendo a menudo como sustituciones atómicas de cationes litófilos de gran radio iónico (por ejemplo, el Ca). Los elementos de las TR y el Y están formando parte de más de 160 minerales principalmente como óxidos, silicatos, fosfatos, carbonatos y haluros

(Cesbron, 1989). Entre ellos destacan la monacita, bastnaesita y xenotima por presentarse en concentraciones suficientes para ser explotadas (Möller, 1989 a; Mariano, 1989 a y b). Estos minerales de TR pueden contener proporciones muy diferentes de elementos individuales y estar enriquecidos indistintamente en TR ligeras o en pesadas.

«Los yacimientos de TR pueden originarse por procesos endógenos, exógenos y/o metamórficos, y los de mayor importancia económica están asociados a complejos ígneos alcalino-carbonatíticos»



Foto 1.—Aspecto general del afloramiento de carbonatitas de la Punta del Peñón Blanco situado en el litoral del Campo de Tiro Militar de Pájara. Las carbonatitas de color blanco quedan como relictos al estar atravesadas por un espectacular enjambre de diques máficos oscuros posteriores.

Los yacimientos de TR pueden originarse por procesos endógenos, exógenos y/o metamórficos, y los de mayor importancia económica están asociados a complejos ígneos alcalino-carbonatítico. Estos complejos representan una fracción mínima del volumen total de rocas ígneas (1 %) pero constituyen una reserva considerable de elementos como las TR, Nb, Ta, Th, U, Zr, Ti, Fe, Cu, Pb, Zn, Mo, P, Sr, Ba y F, entre otros.

Hoy día se conocen cerca de 330 complejos alcalino-carbonatíticos distribuidos por Estados Unidos, Canadá, Brasil, Bolivia, Rusia, Suecia, Noruega, Finlandia, Alemania, Groenlandia, Australia, India y en más de 15 países africanos, entre otros (Woolley, 1989). Desde el punto de vista geotectónico, estos complejos se presentan en áreas muy diversas: rift intracontinentales, zonas de grandes fallas y abombamiento litosférico intraplaca, zonas extensionales de fallas transformantes en márgenes continentales; cinturones orogénicas y, ocasionalmente, en islas oceánicas como son los casos de Fuerteventura en el Archipiélago Canario (Foto 1) y Maio en el de Cabo Verde (Allegre *et al.*, 1971). La edad de las carbonatitas oscila entre 2.500 m.a. y la actualidad, como es el caso del volcán activo Oldoinyo Lengai en Tanza-

nia con emisiones carbonatíticas. Los complejos alcalino-carbonatíticos intrusivos se presentan frecuentemente con estructuras concéntricas en stocks y/o en diques cónicos y radiales. Los elementos de las TR suelen aparecer en estos complejos asociadas a minerales primarios como loparita, bastnaesita, calcita y apatito. Durante los procesos postmagmáticos se producen movilización de las TR y se originan minerales secundarios de TR como, por ejemplo, bastnaesita, parisita o synchysita. Los fluidos hidrotermales enriquecidos en TR (y álcalis) pueden alterar a las rocas encajantes produciendo una intensa fenitización y consecuentemente su mineralización.

El yacimiento magmático más importante, desde el punto de vista económico, es el de Mountain Pass en California, USA (Möller, 1989 a; Mariano, 1989 a y b), siendo éste el mayor productor del mundo de bastnaesita, es decir, de TR ligeras (reservas de 31 millones de Tm con leyes de 8,86 % de óxidos de TR—TRO—). Dentro de los yacimientos magmático-hidrotermales el más sobresaliente es la de Bayan Obo en Mongolia, China (Möller, 1989 a y Mariano, 1989 ay b) y está caracterizada por tener 37 millones de Tm de reservas de TRO, con contenidos de 34 % de Fe total, 0,1 %

de Nb₂O₅, del 0,8 % al 6,2 % de TRO y del 0,5 al 4,3 % de F. Otros complejos alcalinos importantes son los de Khibina y Lovozero en la Península de Kola y el de Synnyr en Siberia (Rusia); y el de Palabora en Sudáfrica (Foto 2).

«La prospección de mineralizaciones de TR es compleja, puesto que las bajas concentraciones en estos elementos son difíciles o imposibles de detectar por análisis químicos rutinarios»

La prospección de mineralizaciones de TR es compleja puesto que las bajas concentraciones en estos elementos son difíciles o imposibles de detectar por análisis químicos rutinarios y son necesarios otras técnicas como la activación neutrónica. Además, los minerales portadores de TR no son muy comunes y resultan extraños para muchos prospectores. Algunas de las guías de explotación de yacimientos de TR dadas por Möler (1989 b) son las siguientes: a) suelen ser radiogénicos debido a la presencia de Th, b) presentan fluorescencia algunos minerales portadores de TR, como la xenotima y monacita, y c) los complejos magmáticos alcalinos son áreas interesantes de prospección.

Las aplicaciones principales de las TR son las siguientes (Preinfalk y Morteani, 1989): metalurgia para aleaciones y aceros especiales, catalizadores, cerámicas, vidrios, imanes permanentes, fosforescentes, usos nucleares, metales hidrogenados, sensores oxigenados, sistemas de memoria en comunicaciones y ordenadores, entre otras. Como indicativo del consumo de TR, éste se distribuyó en Estados Unidos durante 1988 de la forma siguiente: 53 % en catálisis del petróleo, 22 % en metalurgia, el 18 % en cerámica y vidrios, y 7 % en otros usos. En la próxima década se prevee que el consumo de TR aumente especialmente en el campo de las cerámicas especiales, sobre todo dirigido a la industria automotriz.

2.-Las mineralizaciones de tierras raras asociadas a los complejos plutónicos alcalino-carbonatíticos del Complejo Basal de Fuerteventura (Islas Canarias)

2.1.-Introducción

Las consideraciones del apartado anterior muestran que las TR han adquirido en los últimos años una gran importancia por sus aplicaciones industriales y tecnológicas. El mercado industrial europeo, incluido el español, consume más TR de las que produce, pues los recursos disponibles son muy limitados y hay que importarlas ya en elementos puros o compuestos químicos, a unos precios extraordinariamente altos para su manufactura. Por ello,



Foto 2.-Vista aérea de la explotación a cielo abierto del complejo carbonatítico circular de Palabora (Subáfrica). La corta en esta fotografía de 1986 tiene un diámetro próximo a 1,8 Km y una profundidad de 378 metros.

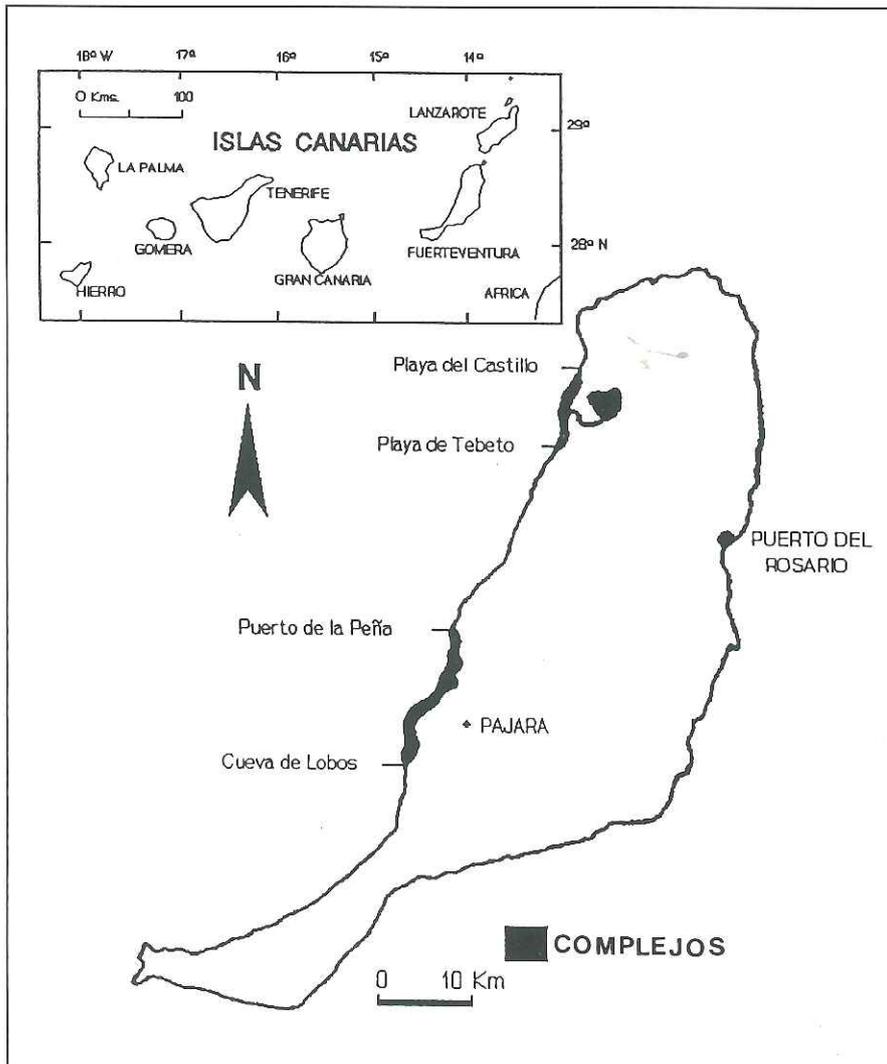


Figura 1.-Mapa de situación de los complejos plutónicos alcalinos con carbonatitas de la isla de Fuerteventura, al noroeste del de Esquinzo y en el centro oeste el de Puerto de la Peña-Cueva de Lobos.

las mineralizaciones de TR son en España una de las líneas prioritarias del Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Recursos Minerales).

«Los únicos afloramientos españoles de rocas plutónicas alcalinas con carbonatitas aparecen en el Complejo Basal de Fuerteventura»

Los únicos afloramientos españoles de rocas plutónicas alcalinas con carbonatitas aparecen en el Complejo Basal de Fuerteventura, en las Islas Canarias (Figura 1). Por ello, se ha llevado a cabo una explotación geológica de estos complejos, con vistas a definir sus características metalogénicas y efectuar la valoración económica de sus posibles mineralizaciones de TR.

2.2.-Geología Regional

Fuerteventura es la segunda isla en extensión del Archipiélago Canario (1.731 Km²) con una elevación máxima de 807 m sobre el nivel del mar. En

ella se diferencian dos grandes unidades geológicas: el Complejo Basal (CB), constituido por rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias submarinas, y el grupo de rocas volcánicas, subaéreas, más recientes (Fuster *et al.*, 1986; Hernández Pacheco, 1989, entre otros).

El CB está formado por sedimentos pelágicos de edad Albense-Cenomanense, que tienen intercalaciones de rocas volcánicas alcalinas, lo que indica que el vulcanismo de Fuerteventura comenzó en el Cretácico Superior. Se puede señalar que esta isla ha estado volcánicamente activa desde hace aproximadamente 80 m.a., lo que es todo un récord de actividad a nivel mundial (Le Bas *et al.*, 1986). La sedimentación turbidítica del margen continental africano fue contemporánea hasta el Oligoceno con el vulcanismo submarino insular que es de composición basáltica alcalina. La secuencia volcánica-sedimentaria inferior es intruida por plutones ultramáficos, gabros toleíticos y alcalinos, sienitas y un complejo ijolítico-sienítico-carbonatítico (≈ 60 m.a., Le Bas *et al.*, 1986) y todo el conjunto aflora actualmente en el centro de Fuerteventura. Todas estas rocas son penetradas posteriormente por abundantes diques y plutones subvolcánicos de composiciones variadas y con edades comprendidas entre 48 y

12 m.a. En este último episodio intrusivo destaca un segundo complejo ijolítico-sienítico-carbonatítico (≈ 30 m.a., Le Bas *et al.*, 1986) que aparece en el noroeste de la isla y que es atravesado, a su vez, por una red de diques y plutones posteriores.

Los materiales volcánicos subaéreos (coladas, piroclastos y diques basálticos alcalinos) más antiguos que afloran en Fuerteventura tienen una edad de 20,6 m.a. y Fuster *et al.*, (1968) los han dividido en 4 Series: I (Mioceno), II (Plio-Cuaternario), III (Cuaternario?) y IV (Subreciente).

Los dos complejos intrusivos alcalino carbonatíticos, que aquí se van a tratar, se han denominado en función del lugar en el que afloran: a) **Puerto de la Peña-Cueva de Lobos (PP-CL, ≈ 60 m.a.)**, en el centro-oeste de la isla, esencialmente entre los sectores costeros de estas dos localidades, y b) **Esquinzo (E, ≈ 30 m.a.)** ya que aparece en ese barranco y en la zona litoral que va desde la Playa de Tebeto hasta la del Castillo, a unos 30 Km al norte del primero (Figura 1).

2.3.—Exploración radiométrica

Una campaña de exploración radiométrica se llevó a cabo en estos dos complejos, ya que las mineralizaciones

de TR son en general radiactivas debido a la presencia de Th. En esta campaña se estudiaron tanto los materiales sedimentarios, volcánicos y plutónicos que componen el CB como el grupo de rocas volcánicas subaéreas y sedimentarias recientes (Mangas *et al.*, 1992). Se utilizó permanentemente un escintilómetro del tipo SPP 2NF y donde aparecía una anomalía, se usó un espectrómetro de rayos gamma portátil, llevándose a cabo 54 medidas.

Como era de esperar, las rocas sálicas y carbonatíticas de los complejos alcalinos mostraron los valores más altos de anomalías radiométricas (entre 50 y 820 cuentas por segundo), localizándose éstas en las cabeceras de los barrancos de Agua Salada y Encantados en el complejo de E, y en las áreas litorales de Punta de Nao-Caleta Mansa, Punta de Gaspar González-Punta Viento y punta de Peñón Blanco-Salinas, en el complejo PP-CL.

2.4.—Mineralogía y Petrología

A nivel de afloramiento, los materiales ultramáficos-máficos-sálicos que componen estos complejos presentan características texturales y estructurales muy complejas y variables.

Por su parte, las carbonatitas aparecen en forma de diques y venas irregulares, a veces con dimensiones métricas como las que afloran entre Punta de Nao y Caleta Mansa (complejo PP-CL), o de brechas carbonatíticas con fragmentos angulosos de las demás rocas que sólo afloran en la cabecera del Barranco de los Encantados en el complejo de E. Hay que resaltar que las carbonatitas que existen en Caleta de la Cruz y Peñón Blanco (PP-CL) presentan espectaculares texturas magmatíticas (Figura 4) y aparecen en bandas con potenciales entre 25 y 50 metros, dirección N20-50E y son subverticales o buzan hacia el noroeste.

Ambos complejos muestran una densa intrusión de diques máficos y, en menor medida, sálicos que pueden ocupar hasta el 95 % del total de ciertos afloramientos (ver Foto 1). A veces, se observa los efectos de un metamorfismo térmico (con procesos de recristalización) y metasomático alcalino (fenitización con vesiculación sienítica o plagioclásica generalizada), producidos por las intrusiones posteriores. En general, todas las rocas del CB han sufrido un metamor-



Foto 3.—Detalle del afloramiento de carbonatitas de Punta de la Cruz situado en el complejo PP-CL con impresionantes texturas migmatíticas.

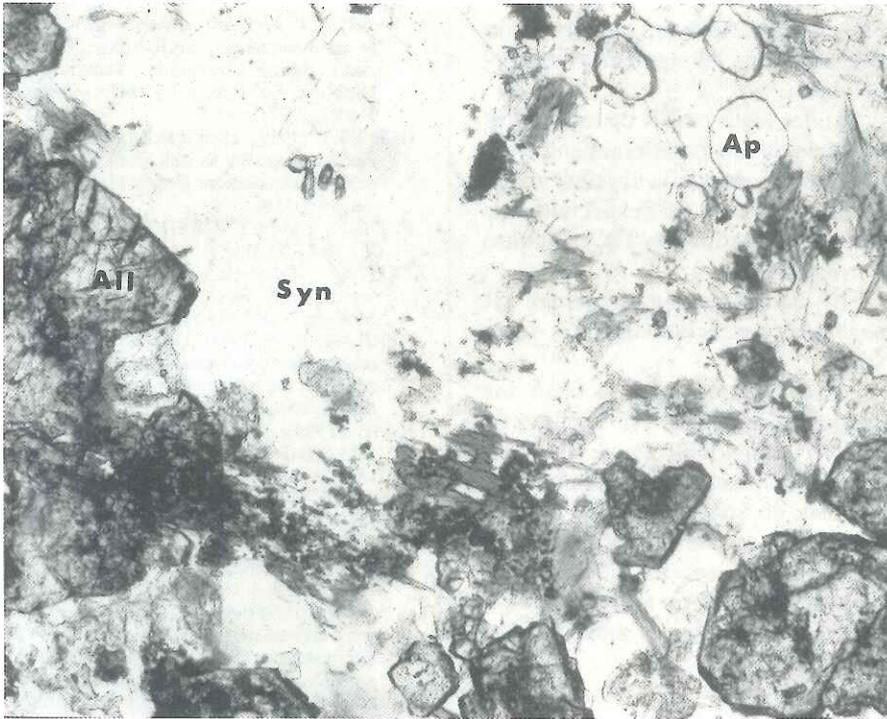


Foto 4.—Sección transparente de una carbonatita granulada del área de Caleta Mansa en el complejo PP-CL, donde se observan minerales portadores de Tierras Raras: synchysita (Syn), apatito (Ap) y allanita (All) (100X, LN).

fismo regional de bajo grado, en facies de esquistos verdes-epidota-albita y están recubiertos por materiales basálticos subaéreos y sedimentarios recientes.

Desde el punto de vista litológico, el complejo PP-CL presenta una extraordinaria variabilidad, apareciendo mezclas principalmente piroxenitas, anfibolitas, gabros alcalinos, melteigitas, ijolitas, sienitas, sienitas nefrelínicas, malignitas, junto con calciocarbonatitas. Por su parte, en el del E aparecen fundamentalmente ijolitas y sienitas nefrelínicas y, en menor proporción, melteigitas, sienitas, malignitas, urtitas y calciocarbonatitas. Todas estas rocas alcalinas pueden presentar como minerales accesorios apatito, esfena, horblenda, biotita (flogopita), melanito, perovskita, circón, granate y opacos; y como minerales secundarios epidota, allanita, sericita, clorita, albita-oligoclasa, calcita, apatito con TR, barita, geotita, hematite y fluorita.

Las carbonatitas están compuestas esencialmente de calcita ($\geq 70\%$), como minerales accesorios aparecen apatito, egirina, feldespato K, opacos, esfena, biotita, circón, horblenda, perovskita, melanito y nefelina; y como secundarios epidota, allanita, apatito con TR, sericita, clorita, albita,

synchysita, calcita y barita (Foto 4). Los minerales opacos de las carbonatitas son principalmente magnetita e ilmenita y, en menor proporción, contienen pirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita, hematite, calcosina, covelina y goetita (Foto 5). Aunque la mayoría de las carbonatitas se han definido como calciocarbonatitas (alvikitas y sövitas), algunas se encuadran en el

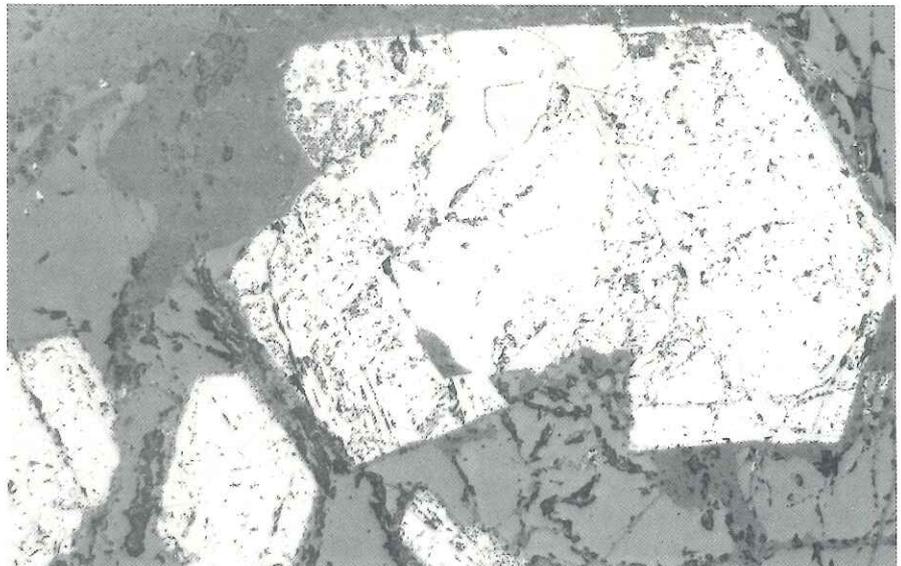


Foto 5.—Sección pulida donde se aprecian cristales de magnetita reemplazados por hematites según planos de exfoliación (martitización), en una muestra de carbonatita de la zona de Punta de Nao en el complejo PP-CL (100X, LN).

campo de las ferrocronatitas, lo que es debido a la presencia importante de óxidos y sulfuros de Fe.

2.5.—Geoquímica

Se llevaron a cabo más de un centenar de análisis geoquímicos de roca total en muestras representativas de los dos complejos, con el estudio en cada una de ellas de aproximadamente 60 elementos entre mayores y menores utilizando plasma, fluorescencia de rayos X y activación neutrónica. Además, en las carbonatitas se realizaron análisis de isótopos estables C y O.

El quimismo de estos dos complejos de Fuerteventura es similar al encontrado en otros complejos alcalinos. Así, los datos de elementos mayores y menores de los materiales presentes, que han sido elaborados según cálculos geoquímicos de uso común, muestran un carácter subsaturado alcalino en la mayoría de las muestras y, como se ha indicado anteriormente, cubren un amplio espectro composicional. El comportamiento de elementos mayores y menores está influenciado directamente con la aparición y desaparición de alguna fase mineral y, en líneas generales, disminuye la proporción de Cr, Co, Ni y aumenta la de Ba, Sr, Zr, V, TR ligeras (Ce, La, Nd) y, en menor medida, Rb y Nb. Destacaremos que los

valores de Σ TR máximos y mínimos en ppm en los dos complejos son los siguientes: **E** = rocas máficas (116-236), sálicas (51-1.127), carbonatitas (511-4.974) y **PP-CL** = ultramáficas y máficas (184-357), sálicas (246-2.290), carbonatitas (697-7.372).

Las calciocarbonatitas contienen los valores más altos de TR, con elevada relación TR ligeras/TR pesadas y cumpliéndose siempre que la concentración de $Ce \geq La \geq Nd$, considerándose estas rocas fuente potencial de TR (Mangas *et al.*, 1993). Estos contenidos en TR y los de otros elementos son similares a los descritos por Wooley y Kempe (1989) para carbonatitas de otras partes del mundo.

Estos elementos de las TR están ligados a algunos de los minerales accesorios descritos anteriormente (apatito, calcita, perovskita, circón y esfena) y se encuentran concentrados en mayor proporción en minerales secundarios (synchysita, apatito con TR y allanita), productos de la alteración de los anteriores y que se han originado en los procesos postmagmáticos, metamórficos, tectónicos y supergénicos que han sufrido posteriormente las rocas de estos complejos.

Los análisis isotópicos que se han realizado en las carbonatitas muestran valores de $\delta^{18}O_{SMOV}$ que varían desde 6,6 a 11 ‰ y los de $\delta^{13}C_{PDB}$ oscilan entre -4,8 y -6,5 ‰, y estos caen dentro del campo de las carbonatitas mantélicas definidas por Deines (1989).

2.8.-Potencial económico

Los objetivos actuales de explotación de TR, que son el reflejo de las demandas del mercado, están dirigidos hacia mineralizaciones de alta ley y pureza en elementos específicos, más que a las que contienen notables concentraciones de TR en las carbonatitas son interesantes (Σ TR varía entre 511 y 7.372 ppm), destacando las que afloran en el peñón Blanco dentro del complejo **PP-CL** y las de la cabecera del Barranco de los Encantados en él del **E**. Estos valores son similares a los que aparecen en otros complejos carbonatíticos pues los Σ TR señalados por Wooley and Kempe (1989) en 150 complejos carbonatíticos continentales oscilan entre 500 y ≥ 10.000 ppm, con medias de 2.000 ppm.

No obstante, para definir el potencial económico-minero de estas carbo-

natitas de Fuerteventura es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) las leyes en TR de estas rocas varían en un mismo afloramiento y de unos a otros, ya que la distribución de los minerales de TR (especialmente synchysita, apatito con TR y allanita) es irregular,

b) estos minerales contienen TR mezcladas (esencialmente Ce, La y Nd),

c) el volumen que ocupan los cuerpos carbonatíticos es mínimo en los dos complejos alcalinos, y

d) algunos de sus afloramientos se sitúan en zonas protegidas por la Ley de Costas (áreas intermareales y de costa) y de Espacios Naturales del Archipiélago Canario (Parque Natural de Betancuria), o en el Campo de Tiro Militar de Pájara.

«El potencial económico-minero real para TR de las carbonatitas de Fuerteventura es de baja rentabilidad»

Por todo ello se concluye que el potencial económico-minero real para TR de las carbonatitas de Fuerteventura es de baja rentabilidad. Sin embargo, desde el punto de vista científico estos complejos carbonatíticos son espectaculares pues, junto con los de Cabo Verde, son los únicos que aparecen subaéreamente en ambientes oceánicos a nivel mundial. Por ello, estamos obligados a una continuidad de estas investigaciones, llevándose a cabo actualmente la profundización en algunos de los temas descritos en este texto. ■

Bibliografía

ALLEGRE, C. J.; PINEAU, F.; BERNAT, M. y JAROY, M. (1971): «Evidence for the occurrence of carbonatites on the Cape Verde and Canary Islands.». *Nature Phys. Sci.*, 233, 103-104.

CESBRON, F. P. (1989): «Mineralogy of the rare-earth elements». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé. *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7, SGA. Springer Verlag, 3-27.

DEINES, P. (1989): «Stable isotope variations in carbonatites». En: K. Bell. *Carbonatites: genesis and evolution*. Unwin Hyman. London, 301-359.

FUSTER, J. M.; CENDRERO, A.; GASTESI, P.; IBARROLA, E. y LOPEZ RUIZ, J. (1968): «Geología y vulcanología de las islas Canarias. Fuerteventura». Inst. Lucas Mellada, CSIC, Madrid, 239 pp.

HERNANDEZ-PACHECO, A. (1989): «Datos sobre la geología y petrología del Macizo de Amanay, Fuerteventura, Canarias». *Geogaceta*, 6, 40-43.

IGME (1984): Mapa geológica de España 1:25.000 (Pájara, 1106) y memoria, 63 pp.

LE BAS, M. J.; REX, D. C. y STILLMAN, C. J. (1986): «The early magmatic chronology of Fuerteventura, Canary Islands». *Geol. Mag.*, 123 (3), 287-298.

MANGAS, J.; PEREZ TORRADO, F. J.; REGUILON, R. y CABRERA, M. C. (1992): «Prospección radiométrica en rocas alcalinas y carbonatitas de la Serie Plutónica I de Fuerteventura (Islas Canarias). Resultados preliminares e implicaciones metalogénicas». III Congreso Geológico de España, t. 3, 389-393.

MANGAS, J.; PEREZ TORRADO, F. J.; REGUILON, R. y MARTIN IZARD, A. (1993): «Alkaline and carbonatitic intrusive complexes from Fuerteventura (Canary Islands): radiometric exploration, chemical composition and stable isotopes». En: *Int. Conf. Rare Earth Minerals: chemistry, origin and ore deposits*. London, 79-81.

MARIANO, A. N. (1989 a): «Economic geology of rare earth minerals». En: *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. Reviews in Mineralogy, Publ. The Mineralogical Society of America, vol. 21, 309-338.

MARIANO, A. N. (1989 B): «Nature of economic mineralization in carbonatites and related rocks». En: K. Bell, *Carbonatites: genesis and evolution*. Ed. Unwin Hyman. London, 149-176.

MÖLER, P. (1989 a): «REE (Y), Nb and Ta enrichment in pegmatites and carbonatite-alkalic rock complexes». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé (eds.), *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7 SGA. Springer Verlag, 103-144.

MÖLER, P. (1989 b): «Prospecting for rare-earth deposits». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé (eds.), *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7 SGA. Springer Verlag, 263-265.

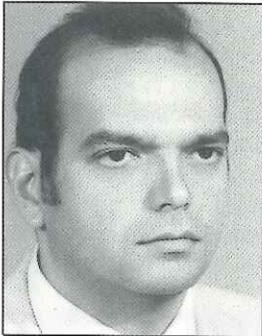
PREINFALK, C. y MORTEANI, G. (1989): «Industrial applications of rare earth elements. En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé (eds.), *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7 SGA. Springer Verlag, 359-370.

STILMAN, C. J.; FUSTER, J. M.; BENNELL, M.; MUÑOZ, M.; SMEWING, J. y SAGREDO, J. (1975): «Basal complex of Fuerteventura is an oceanic intrusive complex with rift-system affinities». *Nature*, 257, 469-471.

WOOLLEY, A. R. (1989): «The spatial and temporal distribution of carbonatites». En: K. Bell (eds.), *Carbonatites: genesis and evolution*. Ed. Unwin Hyman. London, 15-37.

WOOLLEY, A. R. y KEMPE, D. R. C. (1989): «Carbonatites: nomenclature, average chemical composition and element distribution». En: K. Bell (eds.), *Carbonatites: genesis and evolution*. Ed. Unwin Hyman. London, 1-14.

TESTIMONIOS PALEOCLIMATICOS EN FUERTEVENTURA



Joaquín Meco

Es Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid y Catedrático E.U. de Paleontología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Desde 1973 colabora con INQUA en las comisiones de líneas de costa cuaternarias del Mediterráneo y Africa y con la UNESCO-IUGS a través del IGCP especialmente en los proyectos 200 sobre líneas de costa y 252 sobre evolución de los desiertos. En la actualidad forma parte del proyecto CLIP (Climates of the Past) del Programa EPGC. Es autor de un centenar de publicaciones sobre estas cuestiones.

En Fuerteventura aparecen algunos jalones de la evolución paleoclimática plio-cuaternaria. A tres depósitos marinos (del tránsito mio-plioceno, del Pleistoceno superior y del Holoceno) conteniendo fauna de carácter cálido, les suceden formaciones dunares que terminan en paleosuelo indicadores de pausas húmedas en un régimen climático árido.

Plio-Quaternary evidence of paleoclimatic evolution appears in Fuerteventura Island. Three kind of marine deposits (Mio-Pliocene boundary, Upper Pleistocene and Holocene) from a warm climate have been followed by dune formations (arid climate) which end in paleosoils from a humid climate.

En estos años del tránsito entre el destrozado causado sobre el Planeta Tierra por un hombre afanado en satisfacer inmediatamente un estilo de vida egoísta e insensato y, una violenta revolución en su trato a la Naturaleza que se vislumbra ineludible, los pensadores científicos están comprendiendo cómo estrechas variaciones en el clima repercuten irrefrenables sobre toda la superficie planetaria y los seres que la pueblan desencadenando en el pasado procesos evolutivos que han abocado al estado actual incluyendo la propia existencia del hombre inquisitorio. Es pues ahora, y en el deseo de averiguar a dónde nos conduce el cambio climático poderosamente influido por la actividad humana, cuando las variaciones naturales del clima y los testimonios paleoclimáticos dispersos por la Tierra, llamados proxy-data, atraen la atención de la ciencia internacional organizada que está construyendo un marco con base en las causas astronómicas expuestas por M. Milankovitch (1941) y sobre paleotemperaturas isotrópicas de caparzones de Foraminíferos contenidos en sedimentos oceánicos (C. Emiliani, 1955, N. J. Shackleton, 1967) obteniéndose un contexto cronoestratigráfico especialmente detallado para el último

ciclo glaciario, desde el Eemiense hasta la actualidad (los estadios isotrópicos 5 al 1), como ha sintetizado A. Berger (1992).

En Fuerteventura hay notables testimonios paleoclimáticos que han sido contemplados fundamentalmente en los Proyectos 200 «Late Quaternary Sea-Level changes: measurement, correlation, and future applications» y 252 «Past and future evolution of deserts» del IGCP (International Geological Correlation Programme) de la UNESCO-IUGS y la isla fue sede en enero de 1988 de la Reunión inaugural de este último. En ella, se recomendó al Gobierno de Canarias proteger y conservar alguno de estos testimonios. Sólo el de Matas Blancas fue declarado Bien de Interés Cultural pero la administración, incapaz de soluciones ingeniosas ha permitido que de este extraordinario yacimiento, conservado maravillosamente durante más de cien mil años, apenas quede vestigio debido a la falta de vigilancia ante los explotadores. En la actualidad el Proyecto CLIP («Climates of the Past») del Programa EPGC (Earth Processes in Global Change), también de la UNESCO-IUGS ha considerado a Fuerteventura como uno de sus jalones.

«En Fuerteventura hay notables testimonios paleoclimáticos»

Evolución paleoclimática Plio-cuaternaria

La situación geográfica de Fuerteventura, la Isla del Archipiélago canario más próxima a la costa atlántica sahariana, la latitud de Canarias, al norte

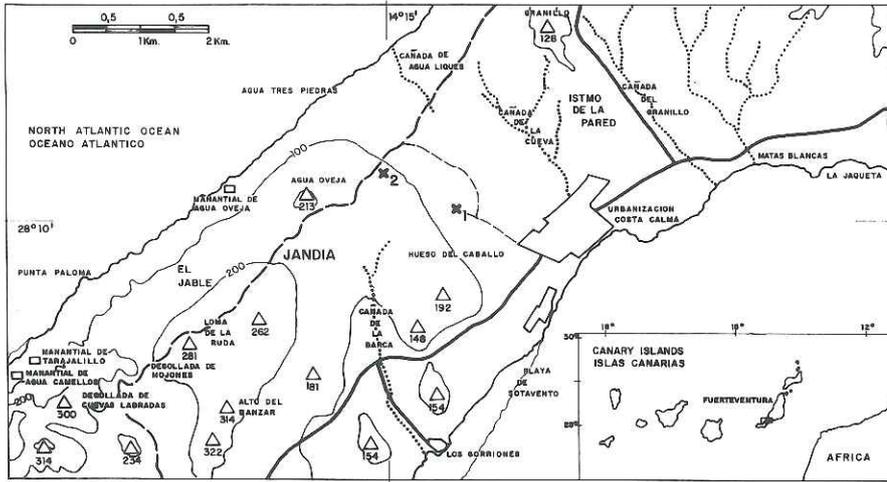


Figura 1.—Mapa de situación de los osarios (1 y 2) en el Jable de Jandía con indicación de las elevaciones topográficas, manantiales, cañadas (barrancos anegados de arena que se utilizaron para el paso de ganado), urbanizaciones, carretera asfaltada, antigua calzada de piedras, rodada hasta el sitio uno y toponimia.

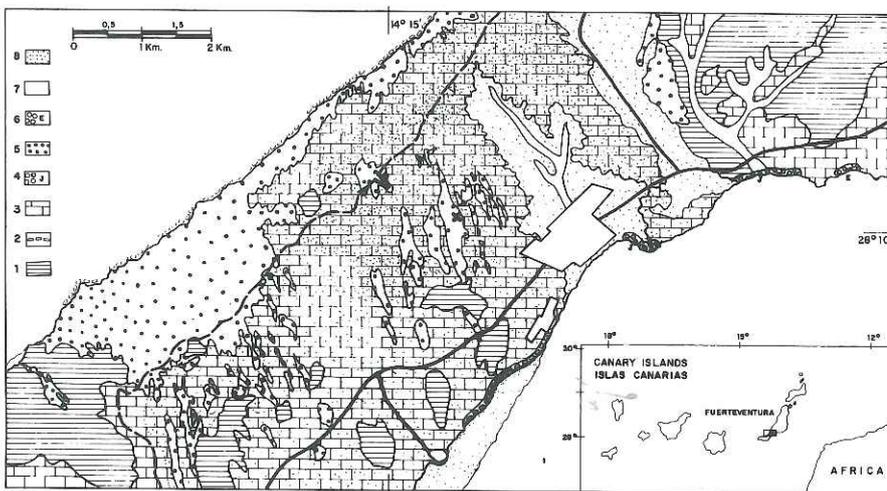


Figura 2.—Mapa geológico esquemático de Jandía oriental (Istmo de La Pared y Jable de Jandía).

1.—Basaltos miocenos, 2.—Depósitos marinos del tránsito mio-plioceno, 3.—Dunas pliocenas recubiertas de costrón calcáreo, 4.—Depósitos marinos de inicios del Pleistoceno superior, el Jandiense (Eemiense), 5.—Dunas del Pleistoceno superior, 6.—Depósitos marinos del Holoceno superior (Erbanense), 7.—Aluviones pleisto/holocenos, 8.—Arenas móviles (jables), arenas en delgada cobertera, arenas de playa actuales.

del Trópico de Cáncer y al sur de la boca del Mediterráneo y su constitución volcánica han permitido el registro de oscilaciones del nivel de los océanos en relación con el volumen de hielos polares, de variaciones en el régimen eólico y pluvial que encierran vestigios paleontológicos de cambios faunísticos provocados por una evolución paleoclimática iniciada con el Plioceno y que continúa en la actualidad (Meco y Stearns, 1981, Petit-Maire *et al.*, 1986, Meco, Petit-Maire y Reyes, 1992).

En tres ocasiones, durante el trán-

sito mio-plioceno, en el Pleistoceno superior y en el Holoceno superior, se han producido depósitos marinos que contienen faunas cálidas y a cada uno de ellos, les han sucedido formaciones dunares con aluviones y paleosuelos intercalados que han quedado parcialmente cubiertas por lavas basálticas.

Testimonios de Jandía

En el Istmo de Jandía están representados estos acontecimientos paleoclimáticos por sus trazas (Figuras 1 y

2). El relieve volcánico, las elevaciones del mar, la dominancia nordatlántica de los vientos en ciertos períodos, han condicionado la formación y morfología de los jables y playas de Jandía (Figura 3).

El relieve del volcanismo mioceno

La Península de Jandía, en el extremo sur occidental de Fuerteventura, con forma de gancho abierto hacia el Norte, posee un istmo, el Istmo de La Pared, de unos cinco kilómetros. El escaso relieve, con alturas inferiores a los 100 m, lo convierte en pasadizo Norte-Sur para los vientos y arenas que transporta entre elevaciones montañosas, al Este (Alto de los Garañones, Montaña

«El relieve volcánico, las elevaciones del mar, la dominancia nordatlántica de los vientos en ciertos períodos, han condicionado la formación y morfología de los jables y playas de Jandía»

Cardones con 691 m) y al Oeste (Pico de Jandía con 807 m). Las mayores alturas del propio Istmo se encuentran hacia el Suroeste y apenas rebasan los 300 m (Alto del Banzar, Loma de la Ruda, Hueso del Caballo). Todas esas elevaciones montañosas son restos erosivos de piroclastos y coladas basálticas de época miocena. $14,30 \pm 0,52$ m.a. es la fecha K/Ar menos antigua de la Península de Jandía (Abdel-Monem *et al.*, 1971).

Depósitos marinos del tránsito mio-plioceno (Foto 1)

Paralelamente a la costa occidental de Fuerteventura y bordeando toda la península de Jandía se sitúan unos depósitos marinos a 10-14 m de altura sobre el actual nivel del mar, pero que llegan a alcanzar en Morro Jable los 55 m por causas tectónicas. Están constituidos por conglomerados y areniscas

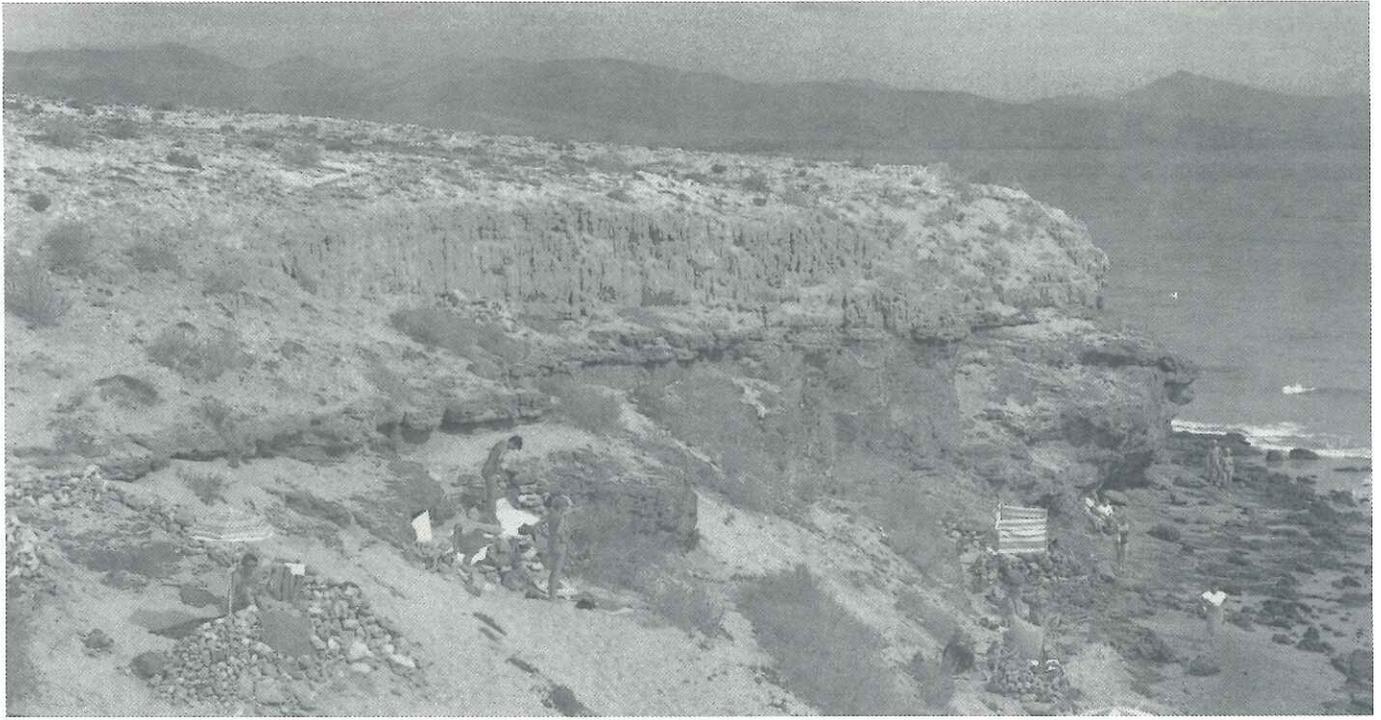


Foto 1.—Depósitos marinos del tránsito mio-plioceno sobre basaltos miocenos y bajo una duna recubierta por el costrón calcáreo. Costa Sur del Jable de Jandía.

de escasa potencia (un metro). La rica fauna fósil que contienen corresponde al tránsito (*Hinnites ercolaniana*, *Chlamys pesfelis*, *Gigantopecten latissimus*, *Ancilla glandiformis*, *Lucina leonina*, etc.) mio-plioceno y posee además un carácter acusadamente cálido revelado por la extraordinaria riqueza en individuos de géneros intertropicales, aunque son especies ya hoy extintas. (*Strombus coronatus*, *Nerita emiliana*, *Gryphaea virleti*, etc.) (Meco, 1975, 1977, 1981, 1982, 1983). El fuerte carácter cálido de la fauna fósil y la antigüedad de los depósitos marcan un punto de partida para los cambios climáticos. Estos depósitos son posteriores a lavas datadas en Ajuí por R/Ar en $5,8 \pm 0,5$ m.a. (Meco y Stearns, 1981) y anteriores a lavas datadas en $6,6 \pm 0,3$ m.a. en Salinas del Janubio, Isla de Lanzarote (Ibarrola *et al.*, 1988) lo que da un estrecho margen que permite jugar sólo con los errores en la edad K/Ar y que sitúa a los depósitos en el Mesiniense.

Por otra parte, la riqueza en fauna y flora calcárea (algas incrustantes) es tan extraordinaria que de ellas se produjeron inmensas cantidades de arenas biodetríticas marinas que, tras dispersión eólica, formarán parte posteriormente, como componente que aporta la materia prima, en la gestación de los costrones calcáreos.

Las dunas pliocenas (Foto 2)

Durante la regresión marina subsiguiente (postmesiniense), las arenas puestas al descubierto fueron acumuladas por fuertes vientos nordatlánticos,

surgidos con el cambio climático hacia el frío, formándose potentes (30 y más m) dunas calcareníticas apoyadas contra las elevaciones montañosas de la isla a las que frecuentemente, por no ser excesivamente altas, o a través de

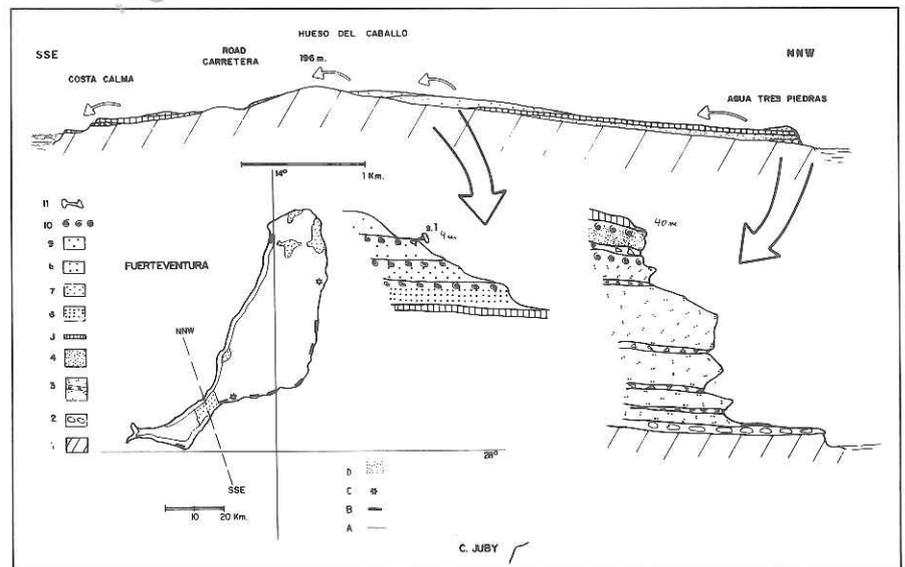


Figura 3.—Corte geológico NNW-SSE de Jandía oriental con detalle de las dunas pliocenas (corte de Agua Tres Piedras) y de las dunas pleistocenas (corte de Hueso del Caballo).

1.—Basaltos miocenos, 2.—Depósitos marinos del tránsito mio-plioceno, 3.—Calcarenitas pliocenas con hiladas de aluviones, 4.—Duna gris cementada, 5.—Costrón calcáreo, 6.—Duna gris pleistocena, 7.—Duna ocre pleistocena, 8.—Duna amarilla pleistocena, 9.—Suelos deflactados del Holoceno inferior y arenas móviles actuales, 10.—Paleosuelos con nidos de Himenópteros y gasterópodos terrestres, 11.—Osario de pardelas.



Foto 2.—Las cañadas (barrancos anegados de arena) del Jable de Jandía están excavadas en las dunas calcareníticas pliocenas cubiertas por el potente costrón calcáreo. En sus desembocaduras están las acumulaciones de estrombos de hace algo más de cien mil años.

las degolladas, atravesaron instalándose prácticamente por toda la isla.

Intercaladas entre estas calcarenitas aparecen aluviones en hiladas y lentejones más o menos prolongados que indican al menos cuatro pausas pluviosas en el régimen árido. La duna está coronada por un paleosuelo que contiene ya multitud de nidos de himenópteros (Icneumónidos).

La edad tope pliocena de la duna calcarenítica viene confirmada por la presencia de lavas que las cubren datadas en $2,7 \pm 0,2$ m.a. y $1,83 \pm 0,24$ m.a. por K/Ar (Abdel Monem *et al.*, 1971, Meco y Stearns, 1981).

El costrón calcáreo (Foto 2)

Sobre el paleosuelo terminal de las calcarenitas, en la costa norte del Istmo de Jandía (Agua Tres Piedras) se depositan aluviones más potentes y arenas de color gris oscuro debido a que casi la cuarta parte de sus partículas son fragmentos volcánicos (Sedimentología de A. Lomochitz). Hacia lo alto del estrato se va fortaleciendo un grueso costrón calcáreo. Este costrón está extendido por casi toda la isla salvo las mayores alturas y, por supuesto, las emisiones lávicas posteriores. Sus carbonatos proceden de las calcarenitas

esparcidas por los vientos frecuentemente en delgada cobertura sobre cualquier tipo de rocas preexistentes.



Foto 3.—Acumulación de estrombos (*Strombus bubonius* Lmck.) en Matas Blancas. Estos gasterópodos viven en la actualidad únicamente en las cálidas aguas del Golfo de Guinea. La datación por U/Th les asignan una edad de 110.000 años. (El Eemiense, estadio isotópico 5, Jandiense canario). En la actualidad se están procesando muestras que permitirá conocer las temperaturas isotópicas del agua del litoral marino durante los años en que vivieron estos caracoles. Foto de 1988 (hoy casi han desaparecido).

«Los depósitos marinos canarios conteniendo *Strombus hubonius* han sido llamados Jandiense (Meco *et al.*, 1987; Meco, 1988)»

Los aluviones de clastos volcánicos sobre las calcarenitas y bajo los costrones calcáreos denotan un importante humedecimiento del clima plioceno seguido de aridez que pudiera quizás coincidir con el humedecimiento progresivo en las latitudes medias y el desarrollo de la aridez en África del Oeste del Plioceno, hace unos 3 m.a. deducido del contenido caolínico de los sedimentos oceánicos (Robert y Chamley, 1987).

El Pleistoceno superior

Recortando el costrón calcáreo y ahondando en él, a inicios del Pleistoceno superior, funcionaba una red fluvial en el Jable, hoy casi borrada por las

arenas (Cañada de la Cueva, Cañada del Granillo) o que aun funciona como barranco como los que confluyen en su desembocadura en Matas Blancas. Esto es posible conocerlo por las terracillas pleisto/holocenas de sus cauces y por la coincidencia en sus desembocaduras de importantes concentraciones de *Strombus bubonius* fósiles (Foto 3). Estos han sido datados por U/Th en 106 ± 7 K.a. y 112 ± 7 Ka (Meco, Petit-Maire y Reyss, 1992). Los *Strombus bubonius* viven en la actualidad en el Golfo de Guinea, desde el Senegal hasta la costa norte de Angola y suelen concentrarse en la desembocadura de los ríos, puesto que se alimentan de los detritos orgánicos que aportan sus aguas (Meco, 1967). Allí no soportan sino leves variaciones estacionales de temperatura siendo las temperaturas superficiales del mar en el litoral donde habitan constantes y próximas a los 30 °C.



Foto 4.—Dunas y paleosuelos intercalados representando pausas húmedas en el régimen árido. Equipo del Proyecto CLIP (Climates of the Past) liderado por N. Petit-Maire tomando muestras para su datación. Cantera de la Rosa Negra. 1933.

Los depósitos marinos canarios conteniendo *Strombus bubonius* han sido llamados Jandiense (Meco *et al.*, 1987, Meco, 1988) (Figura 4). Su altura sobre el nivel actual del mar es de unos 5 m y se relacionan con el estadio isotrópico 5c ó 5e, el Eemiense. Las paleotemperaturas isotrópicas del último interglacial para el Mediterráneo y obtenidas en las conchas de los *Strombus bubonius* dan para el Mediterráneo diferencias estacionales de 7 °C a 9 °C lo cual no es muy diferente de las ac-

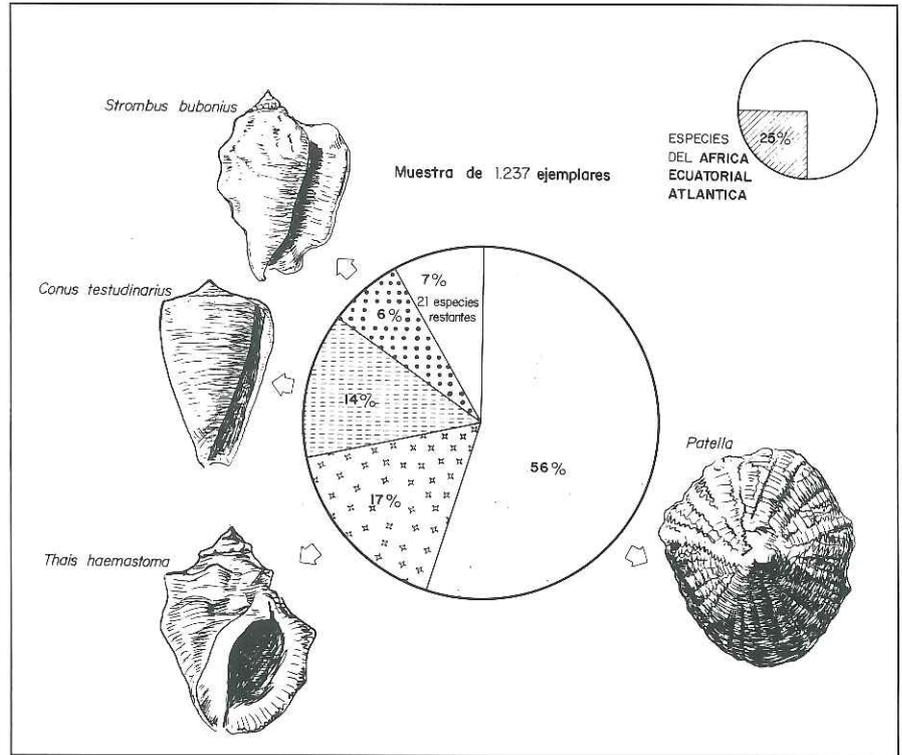


Figura 4.—Fauna Jandiense.

tuales, sin embargo la temperatura era de 2 °C a 6 °C superior a la actual (Cornu *et al.*, en prensa). Las paleotemperaturas isotrópicas de Matas Blancas se están procesando en la actualidad.

La elevación marina jandiense atacó la base de los acantilados de la costa norte de la península de Jundía, de-

jando expuestas las calcarenitas y las areniscas grises cementadas a nuevos vientos noratlánticos que van a originar las dunas del Pleistoceno superior y del Tardiglacial en la zona del Istmo, y en el norte de Fuerteventura principalmente, arrancando y transportando estas arenas hacia el Sur (Foto 6).



Foto 5.—Inmenso número de nidos de *Ichneumonidae*, abejas solitarias, aunque más adecuado sería llamarlas abejas de nido individual, caracterizan el final húmedo de una duna pleistocena del Jable de Jandía. La dirección de los vientos que producen la deflación actual queda bien marcada tras los nidos. También aparecen huevos fósiles de pardelas cuyas cáscaras han sido datadas radiocarbónicamente en unos 30.000 años.

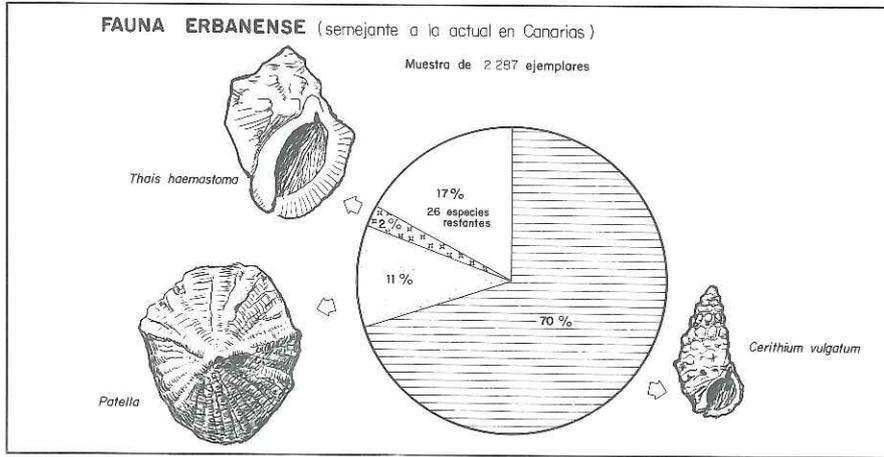


Figura 5.-Fauna Erbanense.

Las dunas del Pleistoceno superior en el Jable de Jandía (Foto 4)

Tres dunas bien diferenciadas, gris, ocre y amarilla, terminan en arcillas formándose paleosuelos rojos caracterizados por la extraordinaria abundancia de nidos de himenópteros (Icneumonidos) (Foto 5) y gasterópodos de tierra (*Rumina decollata*, *Hemicycla sarcostoma*, *Theba pisana*), moldes calcareníticos de vegetales e hiladas de aluviones.

La duna gris contiene hasta un 15 % de fragmentos basálticos y hasta un 90 % de granos calcáreos. Los fragmentos volcánicos son subangulosos. Proceden las arenas de esta duna de la destrucción de la duna gris cementada y, sus granos oscuros, en el corte transporteeólico, menos de 4 Km, han perdido su primitiva textura angulosa. La duna ocre es prácticamente en su totalidad de partículas calcáreas pues tan sólo hasta un 2 % son partículas

oscuras de basalto olivínico. La duna amarilla tiene una composición calcárea similar. No se han reconocido fragmentos de cuarzo en ninguna de las dunas (análisis de A. Lomoschitz).

En el paleosuelo terminal de la duna amarilla, bajo deflacción actual, aparecen osarios y huevos fósiles de pardelas concentrados en varios lugares (Hueso del Caballo). Sin embargo, huevos aislados aparecen en muchos más puntos. Estos paleosuelos terminales de las dunas indican pausas lluviosas en el régimen árido en las cuales los vientos cesaban y prosperaba una vegetación sammófila en la que pululaban los gasterópodos y abejas de las llamadas solitarias (Petit-Maire *et al.*, 1986). Las pardelas fósiles han sido descritas como una especie nueva (*Puffinus holei*) (Walker *et al.*; 1990) pero pueden incluirse en la amplia variedad de *Puffinus puffinus* Brünnich 1764. La datación de estas dunas roza el límite del 14C y en la actualidad las

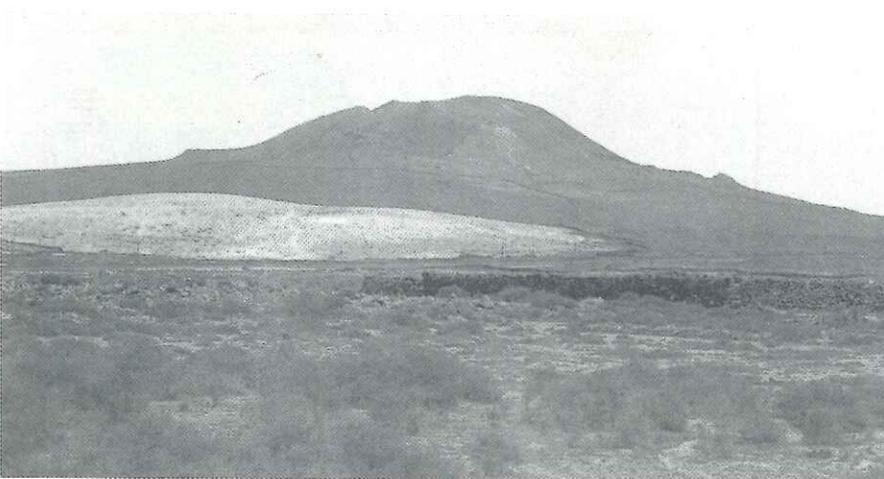


Foto 7.-Las lavas y piroclastos del volcán Pleisto/holoceno «Montaña Arena» discurrieron rodeando y cubriendo parcialmente las dunas pleistocenas.

dunas pleistocenas de Fuerteventura están siendo datadas por otros procedimientos. Vestigios de actividad humana que parecen tener relación con los osarios están también en proceso de datación. Al igual que dunas más tardías cuyas primeras dataciones radiocarbónicas las sitúan ya en el Holoceno inferior (Foto 7).

El Holoceno (Foto 8)

Una nueva elevación del nivel del mar, la última, a + 3 – 4 m sobre la actual marea baja, con una fauna idéntica a la actual para estas regiones, se localiza en La Jaqueta, cerca de La Pared, al Este en la costa Sur. Ha sido

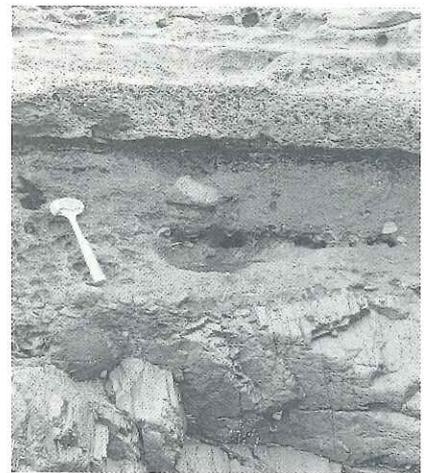


Foto 6.-Depósitos marinos jandienses sobre basaltos miocenos y bajo una colada basáltica pleisto/holocena en El Cotillo.

datada radiocarbónicamente en 1.400 B.P. y corresponde a una última pulsación quizás la de la época cálida de la Edad Media en Groenlandia y Europa. Los depósitos muestran una entalladura realizada probablemente en la Pequeña Edad Glaciar. Sin embargo, en otros lugares de la costa, en el Este de la isla los depósitos marinos son algo más antiguos y en Corralejo han sido datados en 3.640 B.P. Estos depósitos marinos del holoceno superior han recibido el nombre de Erbanense (Meco *et al.*, 1986, meco, 1988) (Figura 5). Al norte de Puerto del Rosario aluviones intercalados entre depósitos marinos erbanenses contienen un resto óseo relacionado con la ocupación neolítica final de la isla. El resto pertenece a un ovicaprino (Meco, 1992). Dataciones más numerosas están en proceso de publicación.



Foto 8.—Los conglomerados marinos fosilíferos de la última pulsación erbanense (hace unos 1.400 años) deben corresponderse con el óptimo térmico de la Edad Media. Aunque la UNESCO recomendó su protección hoy tan desaparecido por la extracción de gravas para la construcción y la ocupación humana de la playa.

La actualidad

De nuevo, y por tercera vez, aparecen los vientos nordatlánticos retomando arenas de las dunas anteriores y desplazándolas hacia el Sur. Las que lo hacen por el Istmo de Jandía alcanzan

la costa alimentando la Playa de Sotavento. El mar toma las arenas y las lleva hacia el suroeste formando las Playas de Butihondo y El Matorral o Saladar hasta Morro Jable en donde alejándolas de la costa las lleva hacia sus fondos. También las playas de co-

fete y Barlovento se alimentan de las arenas dunares pliocenas de la costa norte. Recientemente la feroz actividad antrópica y la planificación especulativa ignorante de los procesos naturales está afectando gravemente a la circulación de las arenas, a la vegetación, a la



Foto 9.—La construcción de carreteras, edificios de apartamentos y jardines sobre las dunas está desvirtuando la personalidad del paisaje de Fuerteventura. Urbanización de Costa Calma en pleno jable (nombre local para las acumulaciones de arena) de Jandía.



Foto 10.—El Museo de Betancuria del Excmo. Cabildo insular de Fuerteventura custodia los fósiles utilizados para definir los depósitos marinos originales canarios, Jardiese y Erbanense, y ha editado una colección de láminas ilustrativas.

fauna, a los testimonios paleontológicos y arqueológicos, al paisaje en definitiva a la identidad de la isla que ha perdido ya parte del mayor y quizás único tesoro, su singularidad señera (Fotos 8 y 9). ■

Bibliografía

- ABDEL-NONEM, A., WATKINS, N. D., GAST, P. W. (1971): «Potassium-argon ages, volcanic stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, and La Gomera». *American Journal of Science*, 271: 490-521.
- BERGER, A. (1992): *Le climat de la Terre. Un passé pour quel avenir?* De Boeck Université, Bruxelles, 479 pp.
- CORNÚ, S., PÁTZOLD, J., BARD, E., MECO, J., CUERDA-BARCELO, J. (1993): «Paleotemperature of the last interglacial period based on $\delta^{18}O$ of *Strombus bubonius* from the western Mediterranean Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*» (en prensa).
- EMILIANI, C. R. W. (1955): «Pleistocene temperature». *J. geol.*, 63 (6): 538-578.
- IBARROLA, E., CANTAGREL, J. M., FUSTER, J. M., COELLO, J., JAMOND, C. (1988): «Geocronología de las series volcánicas neógenas de Lanzarote (Islas Canarias)». *Simpósio sobre: Volcanismo S.G.E.*: 345-348.
- MECO, J. (1967): «Données actuelles pour l'étude paléontologique des *Strombus bubonius* Lamarck. *Actes VI Congrès Panaïcain de Préhistoire et des Etudes du Quaternaire*». Dakar ed. H. J. Hugot. Chambéry Imprimeries Reunies.
- MECO, J. (1975): «Los niveles con *Strombus* de Jandía (Fuerteventura, Islas Canarias)». *Anuario de Estudios Atlánticos*, 21: 643-660.
- MECO, J. (1977): *Paleontología de Canarias I: Los Strombus neógenos y cuaternarios del Atlántico euroafricano (Taxonomía, Biostratigrafía y Paleoecología)*. Cabildo I. G. Canarias ed., Madrid, 142 pp., 31 láms.
- MECO, J. (1981): «Neogastropodos fósiles de las Canarias orientales». *Anuario de Estudios Atlánticos*, 27: 601-615.
- MECO, J. (1982, 1983): «Los Bivalvos fósiles de las Canarias orientales». *Anuario de Estudios Atlánticos*, 28: 65-125 y 29: 579-595.
- MECO, J. (1988): «The emergent littoral deposits in Fuerteventura and the evolution of the Canarian marine faunas during the Quaternary». *Deserts, Past and future evolution. Fuerteventura 3-6 jan 1988 IGCP-252* (N. Petit-Maire ed.). Marseille: 166-178.
- MECO, J. (1992): *Los ovicaprininos paleocanarios de Villaverde. Diseño paleontológico y marco paleoambiental*. Estudios Prehistóricos 2. Dirección General de Patrimonio Histórico del Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife, 167 pp., 35 láms.
- MECO, J., PETIT-MAIRE, N., REYSS, J.-L. (1992): «Le courant des Canaries pendant le stade isotopique 5 d'après la composition faunistique d'un haut niveau marin a Fuerteventura (28° N)». *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 314, Série II: 203-208.
- MECO, J., POMEL, R. S., AGUIRRE, E., STEARNS, Ch. E. (1987): «The Recent Marine Quaternary of the Canary Islands». *Trabajos Neógenos Cuaternario del CSIC*, 10: 283-305.
- MECO, J., STEARNS, Ch. E. (1981): «Emergent littoral deposits in the Eastern Canary Islands». *Quaternary Research*, 15: 199-208.
- MILANKOVITCH, M. M. (1941): *Kanon der Erderstrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Ed. Sp. Acad. Royale Serbe, Belgrade, 633 pp.
- PETIT-MAIRE, N., DELIBRIAS, G., MECO, J., POMEL, S., ROSSO, J. C. (1966): «Paléoclimatologie des Canaries orientales (Fuerteventura)». *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 303, série II: 1241-1246.
- ROBERT, Ch., CHAMLEY, H. (1987): «Cenozoic evolution of continental humidity and paleoenvironment, deduced from the kaolinite content of oceanic sediments». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 60: 171-187.
- SHACKLETON, N. (1967): «Oxygen isotope analyses and paleotemperatures re-assessed». *Nature*, 215: 15-17.
- WALKER, C. A., WRAGG, G. M., HARRISON, C. J. O. (1990): «A new shearwater from the Pleistocene of the Canary Islands and its bearing on the evolution of certain Puffinus shearwaters». *Historical Biology*, 3: 203-224.

LOS PARQUES NACIONALES CANARIOS



Antonio Fernández de Tejada

Ingeniero de Montes por la U.P.M., en 1981. Especialista en Gestión Espacios Naturales, ha realizado cursos de especialización en la Universidad de Michigan y en la de Miami. Director del Parque Nacional de Timanfaya de 1986 a 1991. Desde 1991 es Jefe del Área de Espacios Naturales Protegidos del ICONA. Participa como Director de un Curso Internacional de Gestión de Áreas Protegidas en Bolivia. Ha dado numerosas conferencias y tiene diversas publicaciones sobre temas de su especialidad.

En este trabajo se exponen, de forma sintética, las características geomorfológicas, faunísticas y florísticas más destacables de los cuatro Parques Nacionales Canarios, contempladas desde una visión diferenciadora de sus ecosistemas locales.

This article summarizes the most relevant geomorphological, faunistic and floristic characteristics of the Four Canary National Parks as viewed from their respective local ecosystems.

Hace setenta y cinco años que España empezó su andar en el campo de la conservación de la naturaleza. Desde entonces muchas batallas se han librado, unas se ganaron y otras se perdieron. Actualmente existen más de dos millones de hectáreas protegidas con alguna de las diferentes figuras de protección existentes, dando lugar a cuatrocientos veintisiete espacios naturales. De entre ellos destacan los nueve Parques Nacionales que componen la Red Estatal. La Red la componen:

La Montaña de Covadonga	16.925 Has.
Ordesa y Monte Perdido	15.608 Has.
Teide	13.571 Has.
La Caldera de Taburiente	4.690 Has.
Timanfaya	5.107 Has.
Doñana	50.720 Has.
Las Tablas de Daimiel	1.928 Has.
Garajonay	3.984 Has.
El Archipiélago de Cabrera	10.025 Has.

Como puede observarse, de los nueve parques existentes actualmente, cuatro están situados en el archipiélago canario, y es que las Islas Canarias poseen una riqueza de ecosistemas que les han hecho merecedores de la declaración de esos cuatro parques nacionales.

La gran diferencia que existe entre sus islas ha dado lugar a que cada declaración haya obedecido a valores distintos. Así tenemos que el Parque Nacional del Teide (foto 1), ubicado en la isla de Tenerife, fue declarado en 1954, siendo el tercero de España. Ocupa aproximadamente el centro de la isla y comprende un gran circo volcánico conocido por Las Cañadas y el

pico del Teide que domina la isla. El Teide con sus 3.717 m es la cumbre más elevada del país.

No hay acuerdo entre los científicos sobre cuáles fueron los pasos geológicos que sufrió la isla hasta conformar lo que hoy conocemos como Cañadas. Lo que sí parece es que la formación del circo tuvo lugar hace unos 300.000 años, mientras el edificio del Teide es moderno. Como en otros parques, es la geomorfología la gran protagonista a los ojos de un visitante inexperto, sin embargo es la flora con su alto grado de endemismos la que imprime un carácter de calidad desde el punto de vista biológico. La especie más característica es la «retama del Teide» que en primavera alcanza su máximo esplendor al florecer y cubrir con sus colores blanco rosados gran parte del paisaje. Nadie escapa a la atracción del «taginaste rojo», planta de la familia de las boragináceas que puede llegar a alcanzar los tres metros de altura. Cuando el taginaste florece se cubre de flores rojas formando un racimo piramidal muy espectacular. Pero no sólo las grandes plantas tienen su protagonismo. La «violeta del Teide» es una pequeña planta que habita en las laderas del Teide bajo unas condiciones climáticas extremas.

En contraposición con la gran riqueza florística, la fauna vertebrada es bastante más escasa. Si levantásemos nuestros ojos al cielo podríamos descubrir la presencia del cuervo, la paloma bravía, el cernícalo y el mosquitero de entre las aves más importantes. De los vertebrados terrestres observaríamos al lagarto, conocido comúnmente por «el tizón». El gran valor



Foto 1.—Vista parcial del Parque Nacional del Teide.

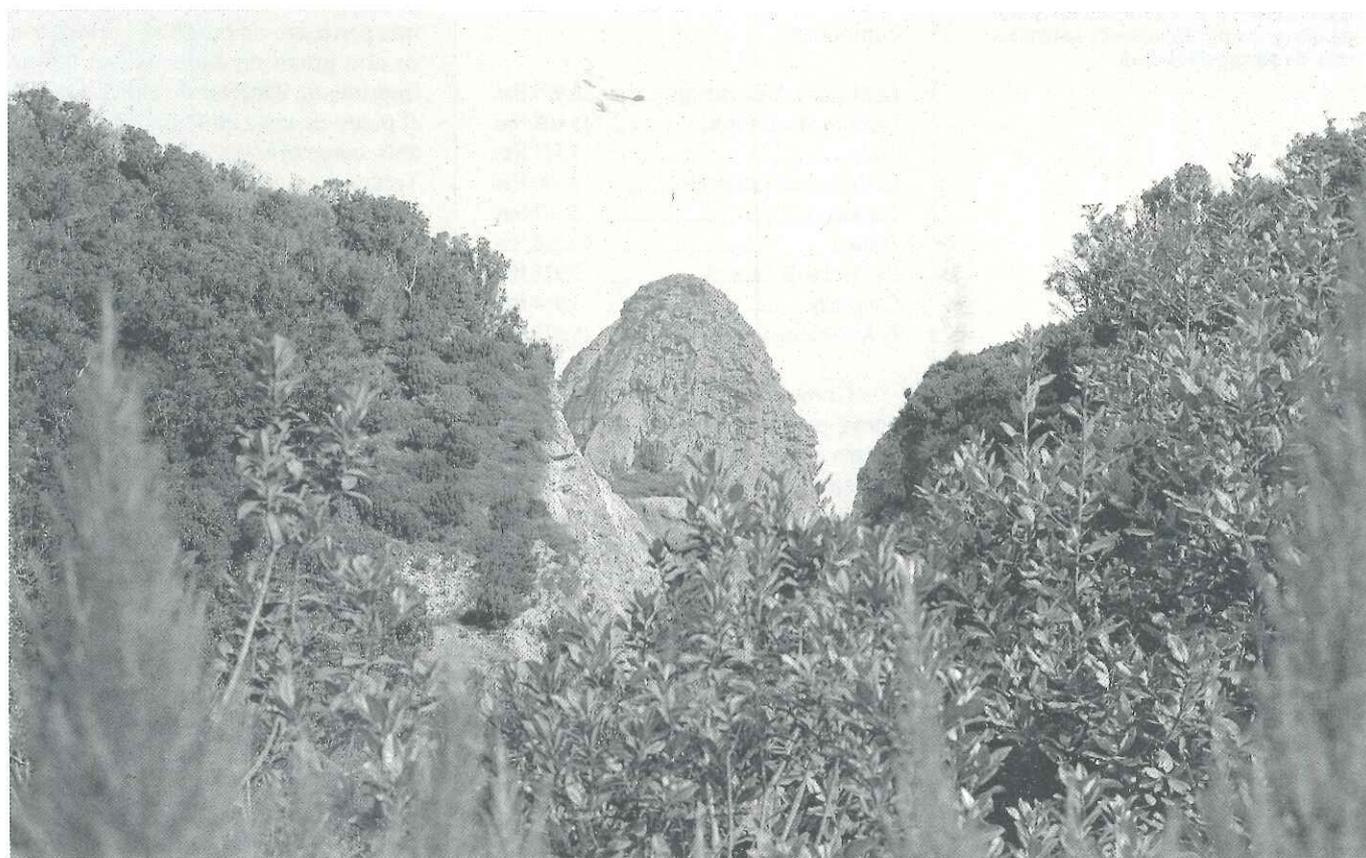


Foto 2.—Aspecto de la vegetación en el Parque Nacional de La Caldera de Taburiente.

faunístico lo encontraremos en la fauna invertebrada, hay descritas más de 400 especies con un alto grado de endemismos.

El siguiente parque en declararse fue el de La Caldera de Taburiente (foto 2), en la isla de La Palma. Este hecho tuvo lugar el 6 de octubre de 1954. La gran diferencia que separa a La Palma del resto de las islas que componen el archipiélago es el agua. El agua ha marcado con sus surcos el paisaje de la isla y por ende el del parque. Hay en su interior numerosísimos manantiales de los que brota el agua que básicamente se reúnen en «Dos Aguas», punto de unión de las dos principales cuencas del Parque, la de Taburiente y la de Almendro Amargo. En este punto nace el Barranco de Las Angustias, vía natural de salida de las aguas que se originan en el interior de la caldera.

El paisaje, lo mismo que en el resto de los parques canarios, es un elemento especial. La caldera, como su nombre indica, es un circo de unos 8 Km de diámetro rodeado por altas cumbres, existiendo desniveles de más de dos mil metros. El Roque de

los Muchachos (2.426 m) o el Pico de la Cruz (2.351 m) son algunas de las cumbres que lo coronan. El ecosistema mejor representado es el del pino canario. Este es una especie propia del archipiélago y se diferencia del resto de los pinos autóctonos europeos por presentar tres acículas en vez de dos. Es un árbol capaz de colonizar los terrenos volcánicos y presenta un magnífico comportamiento ante el fuego, ya que después de un incendio brota rapidísimamente. Es una especie adaptada perfectamente a terrenos con actividad volcánica, propios del archipiélago canario. Otro elemento a destacar son las formaciones vegetales ripícolas. Es en el fondo de los numerosos barrancos en donde podemos encontrar a estas comunidades de gran valor científico. El parque en general presenta un alto valor florístico ya que alberga a 76 endemismos de los que 26 son exclusivos de la Palma.

Respecto a la fauna, al igual que para el resto de las islas, no es de gran variedad. Pero en este caso destaca la presencia de la «chova piquirroja» un córvido que sólo se encuentra en esta

isla. A ella la acompañan cernícalos, herrerillos, palomas bravías, etcétera.

El hombre también ha dejado su impronta en el Parque, la «caldera» fue el último reducto del mencey Tanausú. Esta presencia ha quedado marcado en el terreno por la cantidad ingente de petroglifos que se pueden encontrar dentro del Parque.

La siguiente isla que se vio afectada por la declaración de un Parque Nacional fue Lanzarote. Timanfaya (foto 3) acoge a la mejor representación del vulcanismo reciente acaecido en Canarias. Las erupciones de 1730-1736 y 1824 moldearon en gran parte el actual relieve de la isla. Es en el Parque donde se encuentran las mejores muestras de estos dos períodos eruptivos. Todavía existen anomalías de carácter térmico en una gran área de las Montañas del Fuego.

Posiblemente Timanfaya es el gran desconocido de entre todos los parques canarios. Su paisaje es el elemento diferenciador con el resto de los parques y marca de sobre manera la experiencia que recibe el visitante. Sus formaciones geomorfológicas, color-



Foto 3.—Panorámica del volcanismo histórico del Parque Nacional de Timanfaya.

dos y texturas hacen que el paisaje sobresalga sobre los demás recursos. Para los ojos de un inexperto visitante es éste el único elemento que valora, ya que el Parque aparece ante sus ojos como un paisaje desolado y sin vida. Pero el misterio de Timanfaya habrá que descubrirlo con el conocimiento y entendimiento de su nacimiento. Al finalizar los procesos eruptivos y el consiguiente enfriamiento de sus lavas, el material resultante era completamente estéril, no albergaba nada de vida. Las manifestaciones volcánicas habían eliminado cualquier vestigio de vida. Durante los dos últimos siglos el hombre ha sido testigo de un hecho excepcional. Ha visto la forma en que se producen los primeros procesos de colonización sobre un substrato estéril. Como los primeros animales capaces de colonizar, los invertebrados, accedían a estos inhóspitos parajes y a los primeros estadios en la sucesión vegetal. A pesar de su juventud ya se asientan sobre él una primera vegetación de carácter liquénico y xerofítico principalmente, destacando la presencia de 11 endemismos canarios, dos de ellos exclusivos de la isla de Lanzarote.

Aún a pesar de la gran importancia y riqueza de la fauna invertebrada, Timanfaya se distingue de los demás parques por la presencia de la costa. Este ecosistema alberga una gran riqueza de animales no sólo marinos sino también terrestres. De entre las aves podemos destacar la presencia de la pardela cenicienta, el petrel de Bulwer y el guirre. De las casi más de 80 especies que podemos llegar a observar en el interior del Parque hay 17 de ellas que nidifican en su interior, como son las especies antes mencionadas. De los vertebrados terrestres tenemos la presencia del único mamífero canario, la musaraña, además de lagartos, perenguenes, erizos y conejos, entre otros.

La costa es otro de los grandes atractivos del parque. Bajo sus aguas podemos encontrar una gran riqueza de especies no sólo animales sino también vegetales. Sus fondos son ricos en peces, donde especies como la vieja, la sama, el burro o la morena son habitantes normales.

El más joven de los Parques es Garajonay (foto 4) que se declaró en 1981. Este se encuentra en la isla de La Gomera; ésta es la única del archipiélago que desde hace millones de años no ha sufrido actividad volcánica, por

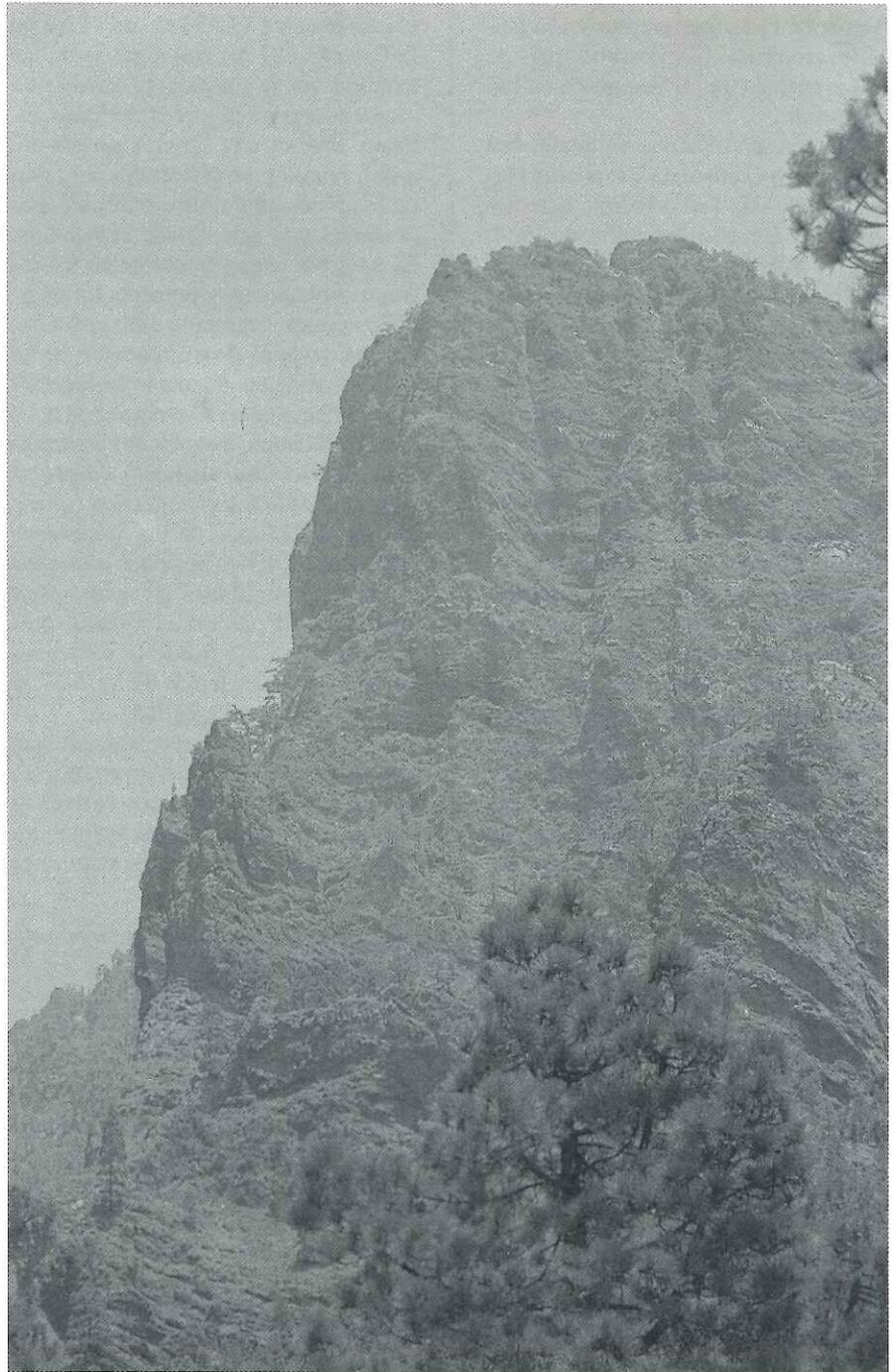


Foto 4.—Impresionante «Roque» en el Parque Nacional de Garajonay.

lo que los procesos erosivos han ido moldeando el paisaje dejando al descubierto los conocidos «Roques», testimonios de antiguas chimeneas volcánicas. La isla está situada en plena influencia de los vientos alisios y recibe precipitaciones verticales del orden de 600-800 mm, ahora bien, esta cifra puede llegar a duplicarse si se consideran las precipitaciones horizontales, elemento muy importante que sustenta la gran riqueza florística del Parque.

La característica más sobresaliente de Garajonay es el albergar el último

reducto de laurisilva, bosque subtropical del Terciario que cubría en aquellas épocas la cuenca mediterránea. Dentro de este gran bosque se han citado 82 endemismos de los que 28 tienen carácter insular. Podríamos citar entre las especies más nobles al barbusano, el til, el viñatigo, el madroño, y un largo etcétera.

La fauna es bastante escasa, siendo las aves el grupo más importante. Son de destacar dos especies de palomas endémicas de la laurisilva, la turqué y la rabiche. ■

SITUACION DE LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL EN CANARIAS



Adalberto González del Pino

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada y actualmente Jefe de la Sección de Evaluación y control de Impactos, de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.

Este artículo intenta resumir la situación en Canarias respecto de la aplicación práctica, jurídica y técnico-científica, de las evaluaciones de impacto ambiental. Se diferencian en él, por un lado, el marco jurídico en que se desarrolla, por otro, las circunstancias especiales que rodean el caso canario, y, por fin, lo que ocurre en el día a día trabajando con evaluaciones de impacto.

Canarian application of environmental impact evaluation legislation is developed in this article. The juridic framework, the special setting of canarian case and the day by day work are the three points in wich the article is divided.

El territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias esta formado por ocho islas habitadas, varios islotes mayores deshabitados y numerosos "roques", en un ambiente fundamentalmente volcánico, aunque heterogéneo y fuertemente anisótropo, caracterizado por microclimas, sustentado al 50 % por la precipitación horizontal, con escasos recursos naturales productivos, con ecosistemas muy frágiles, con un paisaje que no absorbe fácilmente las pequeñas alteraciones, con numerosos endemismos, principalmente en lo que se refiere a invertebrados y flora, con valores culturales importantes y dispersos, y una socioeconomía muy inestable basada, principalmente, en la industria turística, voluble y caprichosa, y la agricultura en un rápido retroceso.

En fin, Canarias, como reconoce la propia Constitución, ambientalmente *soporta* todas las características que le confiere su insularidad, concepto que la mayoría de los restantes ciudadanos de España no valora adecuadamente participando de la creencia generalizada de que Canarias, y por ende los canarios, realmente son o viven en unas "Islas Afortunadas".

Con este pequeño bosquejo ambiental de Canarias, intento que el lector se pueda situar en las condiciones generales de partida y entender por qué Canarias, además de participar en la problemática general nacional en la aplicación de la legislación sobre evaluación de impacto ambiental, presenta problemas adicionales intrínsecos a sus *afortunadas* características.

En esto de las evaluaciones de im-

pacto ambiental, se cometen numerosos errores de concepto dentro de un contexto totalmente anárquico de nomenclatura y participando de tópicos generales introducidos, fundamentalmente, por aquellos que se han acercado a las tarimas, sostenidos por importantes conocimientos técnicos y/o científicos sectoriales, con una carencia importante, cuando no absoluta, sobre la praxis de las evaluaciones de impacto ambiental. A menudo se oye en esas conferencias, cursos, etcétera, errores tales como utilizar el concepto de ecología por ambiental (y no medioambiental tal y como se ha vulgarizado el concepto), multidisciplinar por interdisciplinar, estudios de impacto ambiental por evaluaciones de impacto ambiental y viceversa, etcétera, errores cuya discusión y aclaración se sale fuera de la intención de este *pequeño relato* en el que sólo se intenta exponer la situación de las Evaluaciones de Impacto Ambiental en Canarias.

Es corriente escuchar en despachos de la Administración, por boca de los Promotores (públicos y privados), a modo de disculpa *atenuante* a la vulneración de la legislación o a la baja calidad de los estudios de impacto ambiental: "es que ésta es una legislación muy nueva y aún no ha dado tiempo a adaptarnos a ella", o frases similares. Esta afirmación es muy curiosa y, tal y como se observa en la figura 1, nada afortunada puesto que desde la aparición de la Directiva 85/337/CEE, de 27 de junio, hasta la fecha (30 de junio de 1993) han pasado más de OCHO años, habiéndose traspuesto al marco jurídico español mediante el Real De-

«SOLO HAN PASADO OCHO AÑOS»

creto Legislativo 1.302/1986, de 28 de junio, hace algo más de SIETE años en vigor y siendo de aplicación dos años más tarde, desde hace más de CINCO años, y el Reglamento (R.D. 1.131/1.988, de 30 de septiembre) en aplicación cuatro meses más tarde. En Canarias, además de estas normas, se promulgó la Ley 11/1990, de 13 de julio, que se viene aplicando parcialmente (proyectos, obras y actividades recogidas en su Anexo III) desde el 24 de julio de 1990 y de manera plena desde el 24 de enero de 1991, hace casi DOS AÑOS Y MEDIO. *Parece que efectivamente esta legislación es novedosa*, más aún si la comparamos con las legislaciones referidas a economía y hacienda, o tantas otras con las que este País tiene a bien *mortificar* anualmente a sus ciudadanos en una auténtica *colitis* legislativa. ¿Novedosa?.....

Centrándonos en lo que nos trae aquí, haremos una rápida descripción de la situación en que se encuentran las evaluaciones de impacto ambiental, *sensu lato*, en la Comunidad Autónoma de Canarias, desde la doble óptica del Régimen Normativo Aplicable en su Ámbito Territorial y de la Aplicación Técnico-Científica.

Entre la técnica jurídica en la aplicación y el espíritu de la legislación sobre evaluación de impacto ambiental

La Directiva 85/337/CEE se alimenta de la nueva teoría de la conser-

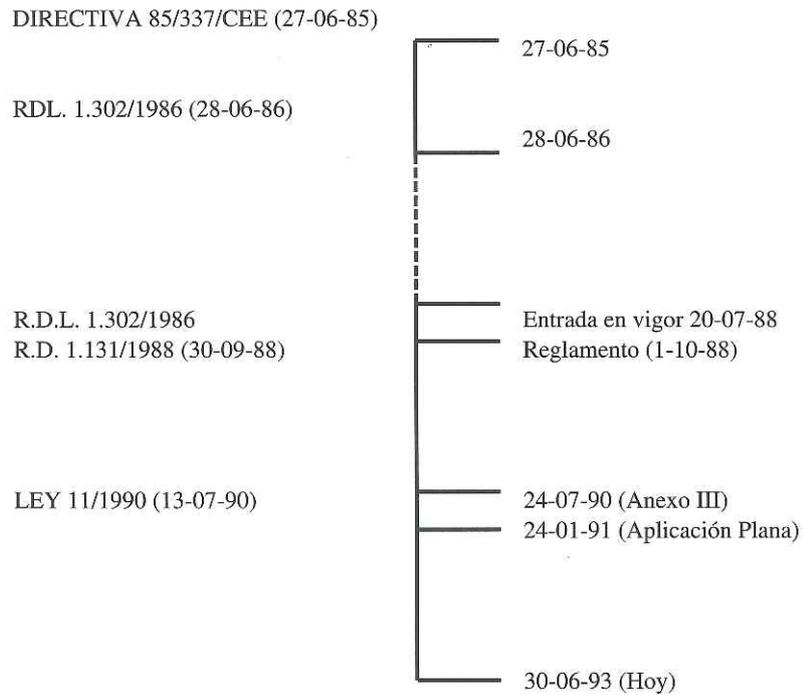


Fig. 1.

vación ambiental: **evitar en el origen la creación de contaminaciones y perturbaciones**, más que combatir posteriormente sus efectos, **autorizando los proyectos concretos después de una evaluación previa de los efectos previsibles (negativos y positivos) y la adopción de medidas correctoras** que pueden ir, desde la variación de acciones concretas del proyecto, hasta su eliminación cuando el grado del impacto negativo es importante y no existen medidas correctoras posi-

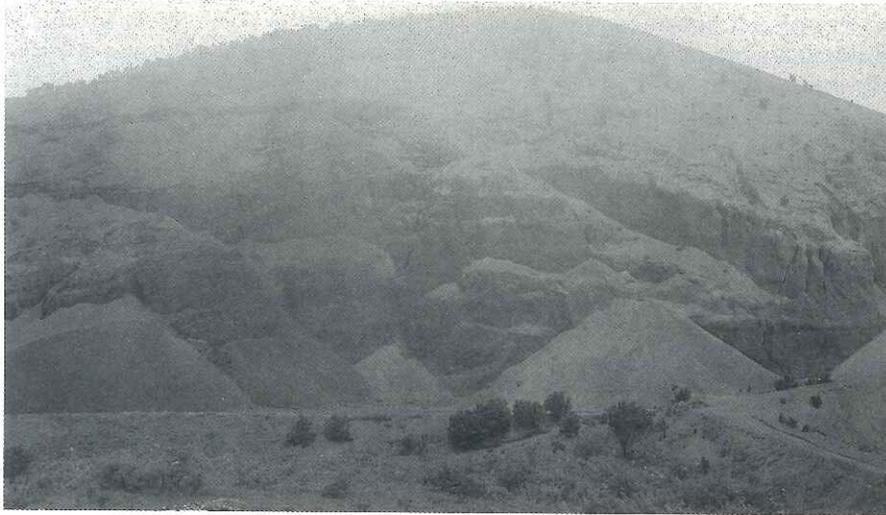
bles o viables. Esta evaluación previa se debe realizar **sobre la base de una información adecuada**, como no podía ser de otra forma, proporcionada por el Promotor y completada por las autoridades y por los ciudadanos susceptibles de ser afectados. Establece también esta Directiva que **los principios de evaluación deberán estar armonizados, en todos los Estados miembros**, especialmente en lo concerniente a las tipologías de proyectos que deberán estar sometidos a evaluación, las principales obligaciones de los promotores y el contenido de los estudios, para evitar así agravios comparativos entre los ciudadanos de los distintos Estados de La Comunidad.

La Directiva comunitaria insiste en que **se evalúen, de modo apropiado, los efectos directos e indirectos** que se prevean puedan producir los distintos proyectos, y que esta evaluación se realice con **Transparencia** (administrativa) y **Participación Pública** (no solo información pública, tal y como ocurre).

Como podemos ver, la Directiva establece una serie de premisas, a modo de considerandos, en base a las cuales justifica la necesidad de la Norma y estructura su articulado y en función de los cuales creemos se debe desarrollar la norma de adaptación de cada uno de



Extracción de áridos en el Bco. de Santiago (S. Sebastián de la Gomera).



Extracciones de lapilli en el Hierro.

los Estados miembros a su régimen normativo interno: evitar en el origen los posibles impactos, autorización posterior a la evaluación, evaluación sobre la base de una información adecuada, armonización de los principios de evaluación, evaluación de los efectos directos e indirectos, transparencia y participación pública.

Lo esperable, con respecto a la transposición de la Directiva a la legislación española, era que el Real Decreto Legislativo 1.302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, *tradujese al español* esta filosofía mediante los artículos correspondientes que componen la Norma Interna, pero como ocurre casi siempre, el esfuerzo de escalar Los Pirineos y la disminución progresiva de la concentración de oxígeno en el aire, a medida que se asciende, confunde las ideas y, por ejemplo, lo que era Transparencia y Participación Pública, nos llega a los españoles como "Consulta Institucional" (Fase de Memoria-Resumen) e Información Pública del Estudio de Impacto Ambiental (en adelante Es.I.A.) y la Declaración de Impacto Ambiental (en adelante D.I.A.).

Por otra parte, El R.D.L. 1.302/1986 esboza un *Contenido Mínimo* para los Es.I.A. y, entre otras cosas, una *Garantía de Confidencialidad* para que los Promotores puedan proteger parte de la información que aporta el Es.I.A. por considerarlo "secreto industrial o comercial".

El R.D.L. 1.302/1986 también **completa, vinculariza y unifica el procedimiento administrativo**, hasta entonces sectorial y disperso, de varias

normas que, ya con anterioridad y de forma parcial, obligaban a realizar algún tipo de evaluación de impacto sobre determinados tipos de proyectos, que ahora se recogen, junto con otros más, en una relación de proyectos, obras y actividades sujetas a evaluación.

Posteriormente, el Real Decreto 1.131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D.L. 1.302/1986, da forma a lo esbozado en éste y define clara, cualitativa y cuantitativamente, los proyectos, obras y actividades sometidas a Ev.I.A.-

Por fin, el 19 de julio de 1990 se publica la Ley Territorial 11/1990, de 13 de julio, llamada, no sabemos por qué, "de Prevención del Impacto Ecológico" (sic), cuya aplicación conculca a todo el territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias y que, con sus virtudes y defectos, discusión ésta que por sí sola necesitaría la extensión de otro artículo, es la que diariamente *intentamos*, con toda nuestra capacidad, aplicar en Canarias. Esta Ley que, en un principio se redactó con la sana y legítima ambición, por parte del equipo que la elaboró, de que fuera la primera de un trío de normas que conformarían en un futuro cercano la "Gran Ley de La Naturaleza de Canarias", se ha quedado, por ahora, sola y con los problemas que conlleva en su aplicación una norma pensada para aplicarla engarzada con otras dos, las cuales no existen. Como ocurre desgraciada y corrientemente en este País, los planes ambiciosos y pensados con horizontes de futuro quedan, en el mejor de los casos como el nuestro, menoscavados

por la *amputación* de alguna de sus partes. Aún así, nuestra norma, la Norma Ambiental de Canarias para la prevención de impactos, tiene numerosos aciertos en relación con el desarrollo (establece normas adicionales), a pesar de llamarse "de Prevención del Impacto Ecológico", de la Legislación Básica en la materia.

La citada Ley 11/1990 pormenoriza y amplía la lista de proyectos, obras y actividades que establece la normativa básica, estableciendo tres anexos donde se recopilan éstos y a los que se le atribuye un nivel de evaluación distinto, con mayor contenido mínimo y mayor exigibilidad administrativa en función de variables relacionadas con su ubicación, dimensiones, tipología, coincidencia espacial con otros e, incluso, origen de la financiación, intentando que todos los proyectos, actividades y obras promovidos por **La Administración** conlleven un análisis pormenorizado de sus posibles implicaciones ambientales.

«En Canarias, la normativa sobre evaluación de impacto ambiental se aplica siguiendo la Ley Territorial 11/1990»

En un valiente y congruente alarde de respeto al ciudadano, la Ley 11/1990 establece el "**Silencio Administrativo Positivo**", previa *denuncia de la mora*, para las declaraciones de impacto que hayan rebasado su plazo de emisión, en función del nivel de evaluación en que nos instalemos: 15 días para las Evaluaciones Básicas de Impacto Ecológico (E.B.I.E.), 1 mes para las Evaluaciones Detalladas de Impacto Ecológico (E.D.I.E.) y 2 meses para las Evaluaciones de Impacto Ambiental (Ev.I.A.). En contrapartida y *justa reciprocidad*, la Ley 11/1990 explicita **Nulidad de Pleno Derecho** de las autorizaciones otorgadas sin la obtención previa de la declaración de impacto, prohibiendo, además, aprobar gasto público alguno de las Administraciones Públicas Canarias sin la previa declaración de impacto.

La Ley 11/1990 introduce el con-

cepto de **Área de Sensibilidad Ecológica (A.S.E.)** que resultan ser aquellos territorios de la Comunidad Autónoma de Canarias "...que por sus valores naturales, culturales o paisajísticos intrínsecos, o por la fragilidad de los equilibrios ecológicos existentes o que de ellos dependan, son sensibles a la acción de factores de deterioro o susceptibles de sufrir ruptura en su equilibrio y armonía de conjunto, y se declaren y cataloguen como tales a los efectos previstos en esta normativa.", declarando la propia Ley 11/1990 como tales y ya de partida, los cuatro Parques Nacionales de Canarias y sus Zonas Periféricas de Protección.

Para *atar* todo su articulado, la Ley 11/1990 establece un régimen de Vigilancia y Sancionador cuyos efectos pueden llegar, en ocasiones, hasta los cien millones de pesetas y, siempre, con la obligatoriedad de reponer lo alterado.

El régimen normativo aplicable en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias

Después del rápido repaso realizado sobre la legislación de evaluación de impacto ambiental, a casi todos nos quedará la duda: ¿que es lo que se aplica en Canarias? Pues bien, en Canarias, en virtud de su Estatuto de Autonomía y la Ley Orgánica de Transferencias Complementarias, la normativa sobre evaluación de impacto ambiental se aplica, desde su mayor a menor inmediatez, siguiendo la Ley Territorial 11/1990 como legislación de desarrollo y adicional directamente aplicable, dentro del marco general que establece el R.D.L. 1.302/1986 por su carácter de legislación básica y el Anexo 2 del R.D. 1.131/1988 puesto que su aplicación en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias ha de considerarse como directa al integrar en su contenido a la legislación básica prevista en el Anexo del R.D.L. 1.302/1986. Como normativa supletoria se aplica el R.D. 1.131/1988, en aquellos aspectos previstos y no regulados detalladamente por la normativa de desarrollo autonómico.

Aunque jerárquicamente claro, toda esta normativa tiene dificultades de aplicación por cuanto existen algunos posibles errores de bulto en la propia Ley Territorial 11/1990 e, incluso, apa-

rentes contradicciones con respecto a la normativa básica. A modo de ejemplo veamos algunos:

– La Ley 11/1990 se refiere a las "extracciones a cielo abierto de materiales volcánicos...", olvidándose del resto.

– La Ley 11/1990 se refiere a "carreteras comarcales" en vez de *convencionales*, cuando en Canarias casi no existen las primeras y olvidándose de que los posibles impactos y su gravedad los causan las tipologías constructivas y no sus denominaciones.

«Desde el comienzo, la aplicación de la normativa de evaluación de impacto ambiental ha tenido que ir venciendo numerosas resistencias, principalmente de tipo competencial y corporativo»

– Cambia los conceptos técnicos relacionados en el Anexo 1 del R.D. 1.131/1988 creando mayor confusión en la materia, en vez de apoyar la unificación y armonización de la nomenclatura.

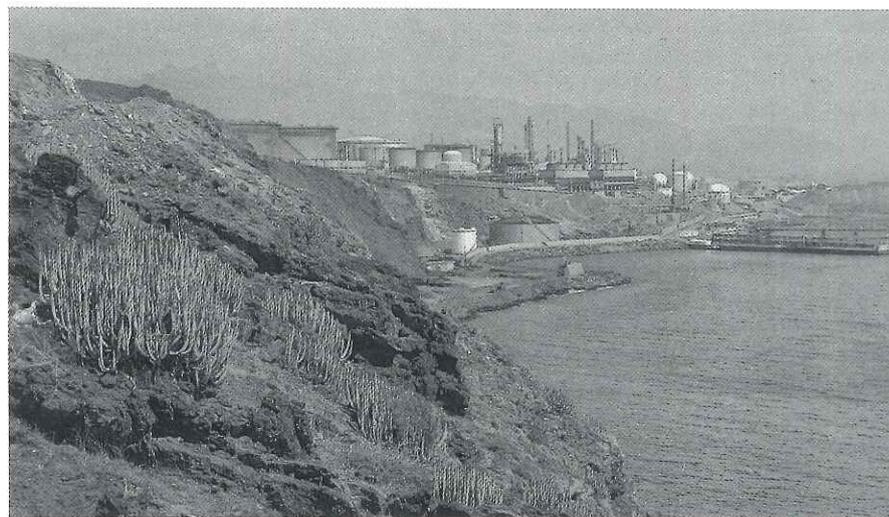
– *Se olvida* de someter a información pública los *proyectos*, junto con el correspondiente Es.I.A., en el caso de

pertenecer al nivel de evaluación de impacto ambiental y deja que sea la legislación sectorial o específica la que establezca los casos y las condiciones en que se deben publicar los Es.D.I.E.

– No hace referencia a la fase de *Consulta Institucional* mediante la Memoria-Resumen, elemento que se ha destacado en todo el territorio Nacional como la mejor técnica de adquisición de información para los redactores de estudios de impacto ambiental y la administración, y como único sistema, aunque sucedáneo, de Participación Pública, aunque sólo sea restringida a los consultados.

Estado de la aplicación de la legislación de evaluación de impacto ambiental desde la práctica técnico-científica

Desde el comienzo, la aplicación de la normativa de evaluación de impacto ambiental ha tenido que ir venciendo numerosas resistencias, principalmente de tipo competencial y corporativo. Competencialmente algunos órganos de la Administración que tradicionalmente *governaban* de forma exclusiva o casi exclusiva una determinada materia sectorial pensaron, generalmente por ausencia de cultura ambiental y escasa permeabilidad al trabajo en equipos integrados por varios profesionales de distinta formación, que esta legislación conllevaba una ingerencia y menoscabo en sus competencias profesionales. También, desde la pers-



Vía de penetración sur a Sta. Cruz de Tenerife, con refinería y vertedero al fondo.

pectiva corporativista, algunos colectivos profesionales o, mejor aún, algunos integrantes de colectivos profesionales manifestaban con palabras y acciones (aún hoy lo hace alguno) su total negativa a colaborar con una legislación que, según su criterio, en vez de enriquecer su trabajo con aportaciones de otros profesionales, les restaba protagonismo e incluso llegaban a tener una pérdida de poder como colectivo.

Aparte de estas circunstancias, en las que hemos quemado la mayor parte de nuestras energías, especialmente durante los tres primeros años de aplicación, para conseguir que estos *temerosos profesionales* lograran entender y admitir que las evaluaciones de impacto ambiental no autorizan ni dejan de autorizar nada, sino que resultan ser una inestimable *herramienta* que, participando de una doble característica de *instrumento técnico y procedimiento administrativo*, son el complemento positivo mediante el cual se pueden mejorar ambientalmente los proyectos.

Las evaluaciones de impacto ambiental no son otra cosa más que herramientas que permiten poner el conocimiento al servicio de la decisión, algo así como la contabilidad analítica de una empresa que permite a no profesionales (los cargos políticos: Consejo de Administración en una empresa) conocer claramente la situación de la actividad y tomar las mejores decisiones posibles para su óptimo desarrollo.

Otro aspecto singular es la situación de los técnicos especialistas en evaluación de impacto ambiental, tanto públicos como privados, respecto a terceros. Aunque en ambos casos, sometidos a una controversia similar, la respuesta de éstos debe ser o, en algunos casos, debería ser distinta. Si bien los profesionales privados, dedicados a la

redacción de Es.I.A., son, en la mayor parte de los casos, *cultos* ambientalmente hablando, y por ello conocedores conscientes del valor de sus conclusiones, se encuentran permanentemente en la situación de tener que guardar un inestable equilibrio entre el interés de quien les contrata (el promotor) y su criterio profesional, llegando en ocasiones a tener que *venderle la moto* al promotor porque saben que además de que, en caso contrario, sería rechazado el proyecto, si se ejecutase en las condiciones de partida produciría fuertes impactos negativos.

«El tipo de proyecto que más abunda en el Archipiélago es el de canteras de áridos a cielo abierto, seguido de carreteras y planes urbanísticos»

El caso de los técnicos públicos es muy similar en cuanto al equilibrio, aunque distinto en cuanto a quién deben su *fidelidad* absoluta, no necesitando *venderle la moto* a nadie. Los técnicos públicos, que deben trabajar en favor del **interés general de los ciudadanos**, en algunas ocasiones se encuentran teniendo que convencer a los promotores que las medidas correctoras propuestas no sólo son necesarias ambientalmente, sino que además son prácticas para la mejora técnica del proyecto y económicamente viables.

Otra situación singular que viven los técnicos, públicos y privados, es la del *intrusismo profesional* que deben

soportar los realmente preparados técnicamente y, ética y moralmente profesionales. Este *intrusismo* está a cargo, tanto de técnicos no preparados adecuadamente que piensan que todo es posible sólo con que se ame la naturaleza y con tener un poco de ilusión, sin ser necesario prepararse adecuadamente, como de técnicos que, aunque preparados adecuadamente, resultan ser *algo consentidores o comodones* pareciendo estar convencidos de que su trabajo acaba cuando entregan el Es.I.A. o que la evolución y mejora profesional sólo está destinada a los recién salidos de las Facultades y las Escuelas Técnicas.

La tercera situación singular que soportan los técnicos en Ev.I.A. se refiere a la legislación aplicable, que tal y como describimos, aunque sea someramente, produce inseguridad en cuanto a la interpretación, por lo confusa que puede resultar en ocasiones las relaciones entre la Ley 11/1990, el R.D.L. 1.302/1986 y el Anexo 2 del R.D. 1.131/1988, la falta de conocimiento profundo de éstos por aquélla y la responsabilidad que implica el actuar como redactores de Es.I.A. o como evaluadores administrativos.

Por último, cabe hacer hincapié en que el insularismo y la escasez de especialistas en evaluación de impacto ambiental ha supuesto para los técnicos canarios, públicos y privados, un serio obstáculo para su formación progresiva cuando se acercan a esta especialidad, por cuanto la existencia de cursos adecuados para formarse, en escalones de sucesiva especialización y profundidad, no cumple el mínimo necesario para que aquellos interesados lo consigan. Nada ayuda a esta situación la dispersión y discrepancias conceptuales generadas por la ingerencia de algunos *profesores* en los cursos y seminarios impartidos y el escaso interés de algunos profesionales, en otros campos de la técnica o la ciencia aplicada, a formarse adecuadamente.

Situación administrativa de los expedientes de evaluación de impacto ambiental

El Organismo del Gobierno de Canarias con competencias en "medio ambiente" es la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente que a

TABLA I
Organos ambientales que tienen la competencia para resolver en las evaluaciones de impactos ecológicos

	Evaluación básica de impacto ambiental	Evaluaciones detalladas de impacto ambiental	Evaluación de impacto ambiental
NO Area de sensibilidad ecológica	ORGANISMO PROMOTOR	VICECONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE	C.U.M.A.C. (1)
Area de sensibilidad ecológica	VICECONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE	C.U.M.A.C.	C.U.M.A.C.
Espacio Natural Protegido con Area de sensibilidad ecológica incluida		(2) PATRONATO	PATRONATO

(1) Comisión de Urbanismo y Medio Ambiente de Canarias.

(2) Sólo en el caso de que su estatuto regulador así lo establezca y se les haya cedido la competencia.



Nueva carretera de Valverde al Golfo (Hiero).

través de, por un lado, la Viceconsejería de Medio Ambiente y, por otro lado, la Comisión de Urbanismo y Medio Ambiente de Canarias (CUMAC), tramita todos los expedientes correspondientes a los niveles de Ev.I.A. y Ev.D.I.E., y los ubicados en Áreas de Sensibilidad Ecológica (ASE) del nivel correspondiente a Ev.B.I.E., quedando fuera de sus competencias los expedientes relativos a Ev.B.I.E. fuera de A.S.E., motivo por el cual no podemos aportar datos al respecto.

Dentro de la Consejería de Política territorial y Medio Ambiente, el Servicio de Planificación Ambiental, a través de la Sección de Evaluación y Control de Impactos, perteneciente a la Viceconsejería de Medio Ambiente,

TABLA II
San Cruz de Tenerife

NIVEL DE EVALUACION	AÑO						D.I. + - C	PREGUNTAS ADICIONALES	EXENTOS RENUNCIA	TOTALES
	1988	1989	1990	1991	1992	1993				
E.I.A.	-	4	12	20	34	10	9	8	9	
E.D.I.E.	-	-	-	6	11	8	7	3	1	
E.B.I.E.	-	-	-	2	7	3	5	3	0	
	0	4	12	28	52	21	21	14	10	

TABLA III
San Cruz de Tenerife

TIPOLOGIA	NIVEL DE EVALUACION			D.I.			PREGUNTAS ADICIONALES	EXENTAS	RENUNCIAS
	Básico	Detallada	E.I.A.	+	-	C			
CANTERAS	-	-	53	-	-	5	10	1	2
CARRETERAS	2	4	9	-	-	2	5	1	-
PLANES URBAN.	-	3	5	-	-	4	1	-	-
P.I.R.S. VERTEDEROS	-	4	1	-	-	-	1	1	-
NUCLEOS ZOOL.	-	3	-	-	-	-	3	-	-
PUERTOS DEPOR.	-	-	4	-	-	-	-	1	-
DIQUES	-	1	-	-	-	-	-	1	-
PRESAS, EMBALSES APROVECHAMIENTO DE AGUA	-	-	4	-	-	-	1	1	-
AEROPUERTO	-	-	1	-	-	-	-	1	-
PARQUE ECOLOGICO	-	1	-	-	-	1	1	-	-
PARQUE MARITIMO	-	1	-	-	-	-	1	-	-
JARDIN BOTANICO	-	1	-	-	-	-	-	-	-
CAMPING	-	1	-	-	-	-	-	-	-
ESTACION DEPUR.	-	-	1	-	-	-	-	-	-
PLANTA COGENERAC.	-	-	1	-	-	-	-	-	-
EXPLOTACION AGRIC.	-	1	1	-	-	-	1	-	-
PLANTA DE ACUICUR.	-	1	1	-	-	-	1	-	1
CENTRAL TERMICA	-	-	1	-	-	1	1	-	-
OTROS	8	1	1	-	-	3	3	-	-

TABLA IV
Las Palmas de Gran Canaria

NIVEL DE EVALUACION	AÑO						D.I. + - C	PREGUNTAS ADICIONALES	EXENTOS RENUNCIA	TOTALES
	1988	1989	1990	1991	1992	1993				
E.I.A.	-	4	10	21	20	10	2 12	14	3	
E.D.I.E.	-	-	-	4	6	18	1	2	1	
E.B.I.E.	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
	0	4	10	27	26	28	3 12	16	4	

Hay 7 expedientes que en realidad son 3:
4/89; 6/91; 24/91
9/91; 17/93
7/90; 20/91

TABLA V
Las Palmas de Gran Canaria

TIPOLOGIA	NIVEL DE EVALUACION			D.I.			PREGUNTAS ADICIONALES	EXENTAS	RENUNCIAS
	Básico	Detallada	E.I.A.	+	-	C			
CANTERAS	-	1	32	-	1	4	2	-	-
CARRETERAS	1	-	10	-	-	1	2	-	-
PLANES URBAN.	-	2	15	-	2	3	5	-	-
P.I.R.S. VERTEDEROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NUCLEOS ZOOL.	-	14	-	-	-	-	1	-	-
PUERTOS DEPOR.	-	-	2	-	-	-	-	-	-
DIQUES	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PRESAS, EMBALSES APROVECHAMIENTO DE AGUA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AEROPUERTO	-	-	1	-	-	-	-	-	-
PARQUE ECOLOGICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARQUE MARITIMO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JARDIN BOTANICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAMPING	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTACION DEPUR.	-	1	-	-	-	-	1	-	-
PLANTA COGENERAC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EXPLOTACION AGRIC.	-	2	-	-	-	-	1	-	-
PLANTA DE ACUICUR.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRAL TERMICA	-	-	1	-	-	1	1	-	-
OTROS	-	9	4	-	-	3	4	-	-

analiza los distintos estudios de impacto y redacta un informe-propuesta que eleva al Ilmo. Sr. Viceconsejero de Medio Ambiente para su consideración.

Las Tablas II y III muestran el número de expedientes por tipologías, años y nivel de evaluación, tramitados en la provincia de Santa Cruz de Tenerife desde 1988 hasta el 30 de Junio de 1993, los que han obtenido declaración de impacto (positiva, negativa o condicionada), los exentos por diversos motivos y los que han sufrido preguntas adicionales que aclarasen o ampliasen la información recogida en el estudio de impacto correspondiente.

Las tablas IV y V muestran los mismos datos pero para la provincia de Las Palmas de Gran Canaria, reflejando una situación paralela a la de la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

Como se puede observar, el tipo de proyecto que más abunda en el Archipiélago es el de canteras de áridos a cielo abierto, seguido de carreteras y planes urbanísticos, cuestión lógica si tenemos en cuenta que la principal industria de las Islas es el turismo. La mayor parte de las declaraciones de impacto emitidas, treinta y una, han sido del tipo **condicionado** y hasta la fecha solo tres han sido negativas, una

sobre cantera de áridos y dos sobre planes urbanísticos.

A pesar de la terrible crisis económica que azota a la Comunidad Autónoma de Canarias, las tablas muestran un incremento progresivo, donde cada año dobla al anterior en expedientes tramitados, lo que implica, más que un aumento en el número de actividades, un mayor cumplimiento de la legislación por incorporación progresiva de la misma a los mecanismos administrativos.

Por otra parte, hay que resaltar que el número de expedientes de evaluación básica de impacto ecológico que no se tramitan a través de este Servi-

cio, aunque no conocemos el número exacto, se calcula que ronda el doble de los que lo son, la mayor parte de ellos referidos a proyectos, obras o actividades de promovidas por las propias Administraciones (Autonómica, Insular y Local) que no encontrándose recogidos en los anexos de la Ley 11/1990, están sometidos a Ev.B.I.E. por motivos de financiación pública.

Consecuencias de la situación descrita

La compleja y resumida situación descrita conlleva unos efectos o consecuencias importantes en la dinámica de la aplicación práctica de la legislación vigente en materia de evaluación de impacto ambiental que, a modo de resumen final, se pueden encuadrar en alguno de los siguientes puntos:

1.-Devolución de expedientes al Promotor por no recoger en el estudio de impacto el contenido mínimo establecido por la legislación para ese determinado nivel. En ocasiones este contenido mínimo existe de manera formal, el epígrafe correspondiente de la norma se transcribe al texto del estudio, aunque no de manera conceptual, quedando ese epígrafe vacío de contenido.

2.-Las peticiones administrativas de ampliación o aclaración de datos sobre puntos del estudio de impacto que, siendo importantes para la evaluación final, no se han tratado con suficiente profundidad, suelen tenerse que reiterar. Esta circunstancia hace que los expedientes se alarguen, se engorden y sean más engorrosos de manejar en cuanto al seguimiento y control de la actividad.

3.-La emisión de declaraciones de impacto densas y extensas que tratan de paliar las deficiencias que, a pesar de todo, continúan existiendo en algunos estudios de impacto, intentando conseguir que los proyectos sean ambientalmente admisibles sin que un excesivo, pero justo, rechazo de los que no estén debidamente analizados, repercuta negativamente en la progresiva normalización de la aplicación de la Legislación y su aceptación de buen grado por los promotores.

4.-Expedientes que se inician y no se finalizan, ya sea por *olvido* de promotores y/o redactores de los estudios de impacto, ya sea por la picardía de acudir a enseñar un documento oficial de que se tiene en trámite un expedien-

te para evitar sanciones fuertes, en el caso de ser descubiertos, ya sea por la incapacidad de encontrar una forma que desarrolle el proyecto dentro de unos márgenes ambientalmente admisibles.

5.-Los errores conceptuales continuos que originan serias discrepancias entre todos los implicados (promotores, técnicos y administración), sobre todo en orden a discernir hasta donde puede y debe entrar el técnico público en el proyecto y que es competencia ambiental y que no. También es corriente confundir un **estudio de impacto con un estudio del medio natural** restando importancia a la búsqueda de soluciones viables asumibles por el Promotor para que el proyecto se desarrolle dentro de las condiciones ambientales mínimas a respetar.

6.-Los continuos intentos de algunos promotores de esquivar los grados más intensos de evaluación, acudiendo a las lagunas de la legislación y olvidándose del espíritu de la misma. Los grados inferiores de evaluación (Ev.D.I.E. y Ev.B.I.E.), además de requerir un estudio de impacto menos

«Los constantes recursos administrativos contra las declaraciones de impacto, formuladas tanto por promotores como por ciudadanos y colectivos que se consideran legítimamente afectados de una y otra forma, incrementan el grado de colapsamiento en el procedimiento»

profundo, necesitan un considerable menor tiempo de tramitación y, como ocurre con demasiada frecuencia, la falta de planificación en la inversión conlleva a trámites de urgencia para poder ejecutar los presupuestos.

7.-Los conflictos competenciales, aunque ya muy restringidos, siguen acarreado numeroso trabajo extra, intentando unos mantener las riendas de

lo que consideran de su competencia exclusiva, mientras otros intentan participar positivamente mediante el procedimiento incidental de evaluación de impacto ambiental en la conformación de mejores proyectos de ejecución.

8.-Los constantes recursos administrativos contra las declaraciones de impacto, formuladas tanto por promotores como por ciudadanos y colectivos que se consideran legítimamente afectados de una u otra forma, incrementan el grado de colapsamiento en el procedimiento. En aras de la economía administrativa, parece más coherente que fuera sólo recurrible el acto administrativo por el que se autoriza y no la doble recurribilidad que se da en la legislación canaria de éste y de la declaración de impacto. Lo más curioso es que algunas declaraciones de impacto se han recurrido por ambos extremos, justificando el interés de la Participación Pública, pero creando un cierto desequilibrio entre los objetivos a lograr. En cualquier caso, quisiera creer que el no contentar por entero a los extremos significa que el órgano administrativo encargado de emitir las declaraciones de impacto se mueve por un camino intermedio sin transigir a los extremos, aunque considero que esta situación sería merecedora de un estudio más riguroso que ayudase a interpretarla en este sentido, lo cual personalmente me alegraría, o en el de que realmente lo hacemos mal. Cualquiera que sea el final, reflexionar no es malo y, además, es la esencia de cualquier evaluador competente: *tres dedos de frente* y un buen equipo de expertos.

9.-Como es fácil deducir, todo este *maremagnum* de situaciones concluye en una copiosa riada de consultas a los Servicios Jurídicos del Organismo Ambiental y de la Comunidad Autónoma, mediante los cuales se intenta, día a día, ir clarificando la aplicación de la legislación en relación con su característica de una norma, la Ley 11/1990, difícil de aplicar en relación con su característica de norma adicional y de desarrollo de la legislación básica.

10.-No hay más que echar un vistazo atrás para hacerse una idea de lo laborioso que resulta el desarrollo de un expediente y los importantes retrasos que se pueden acumular, aunque optimistamente podemos asegurar que en Canarias, hasta la fecha, los retrasos son escasos y de poca importancia.

En Santa Cruz de Tenerife a, 30 de junio de 1993. ■

VOLCANISMO ACTIVO Y MEDIO AMBIENTE EN LAS ISLAS CANARIAS



J. C. Carracedo

Juan Carlos Carracedo ha dedicado su labor de investigación en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas fundamentalmente a la Volcanología y, más específicamente, al estudio del volcanismo canario. Es autor de libros y publicaciones especializadas sobre volcanes de España (Canarias, Olot), Italia (Vesubio), Colombia (Nevado del Ruiz), etc. En la actualidad dirige el Departamento de Volcanología (Estación Volcanológica de Canarias) del Instituto de Productos Naturales del CSIC en La Laguna, Tenerife.

El Archipiélago Canario es la única región en España que puede ser considerada volcánicamente activa, debido a la existencia de erupciones en épocas históricas y al contexto geodinámico en que se encuentra. Las erupciones históricas (consideradas de menos de 500 años) se han producido en Lanzarote (la última en 1824), Tenerife (1909) y La Palma (1971).

No se observa una pauta de distribución temporal en la actividad eruptiva histórica. Los períodos de reposo varían ampliamente –desde 1 hasta 237 años–, con un valor medio para el Archipiélago de aproximadamente 30 años. Sin embargo, se observa un modelo de distribución espacial en la localización de los focos eruptivos, asociados a zonas estructurales activas similares a rift (ZERs), particularmente bien definidas y activas en las islas de Tenerife, El Hierro y La Palma. Desde el punto de vista de la vigilancia volcánica y prevención de riesgos, estas ZERs funcionan a modo de edificios volcánicos poligenéticos activos y constituyen la localización más probable para futuras erupciones en el Archipiélago.

Los principales riesgos volcánicos en las Islas Canarias están relacionados con estas zonas activas tipo rift y con el complejo volcánico Teide-Pico Viejo, situado de forma inestable sobre una de las laderas de la Caldera de Las Cañadas.

La presencia de volcanismo activo y su modelo regular de distribución es un factor clave en las Canarias, no solamente desde el punto de vista ecológico, sino también para comprender el único y frágil marco medioambiental de estas islas volcánicas superpobladas y espectaculares.

The Canarian Archipelago is the only region in Spain that can be considered to be volcanically active, since historic volcanic eruptions have only occurred here and its geodynamic setting favors future eruptive activity. In the Canary Islands historic (less than 500 years) eruptions have taken place in the islands of Lanzarote (the last one in 1824), Tenerife (1909) and La Palma (1971).

No definite tren in the distribution in time of historic eruptive activity can be observed. The periods of repose vary greatly –from 1 to 237 years–, with an overall mean value for the Archipelago of about 30 years. However, a definite spatial distribution pattern of location of eruptive vents can readily be observed, in association with active structural zones with rift affinities (ZERs), particularly well-defined and active in the islands of Tenerife, El Hierro and La Palma. These ZERs function, from the point of view of active volcanism (volcanic surveillance and risk mitigation) as polygenetic active volcanic edifices and constitute the most probable location by far of any future volcanic eruption in the Archipelago.

The main volcanic hazards in the Canary Islands are related to these active rift-type zones and the salic central stratovolcano complex of Teide, unstably nested in the gravitational silde caldera of Las Cañadas.

The presence of active volcanism and its regular pattern of distribution is a key factor in the Canarias, not only from the point of view of human ecology, but also to understand the unique and fragile global environmental framework of these overpopulated and spectacular oceanic-island volcanoes.

Introducción

El Archipiélago Canario se ha formado como consecuencia de un proceso geológico cuya duración puede estimarse en varias decenas de millones de años. A diferencia de otros ambientes geológicos en que

intervienen largos y complicados fenómenos –formación de cuencas, sedimentación, plegamientos, etc.–, la formación de las Islas Canarias se produce de forma rápida y comparativamente sencilla, ya que el único agente que actúa es la actividad volcánica.

La naturaleza volcánica de las Is-

las Canarias y el dilatado período de construcción de la mayoría de los edificios insulares van a tener diferentes repercusiones de carácter medioambiental, tanto en el medio natural como en la ecología humana. En el primer aspecto da lugar a un medio muy peculiar y de fuerte personalidad, ya que la amplia gama de formas y estructuras que se originan en los procesos volcánicos configuran un paisaje muy variado y espectacular, fácilmente perceptible como diferente de lo habitual en los ambientes continentales. Por otra parte, las sucesivas erupciones volcánicas, generadoras de «stress» sobre las especies que van poblando el sustrato volcánico estéril, va a favorecer la acumulación de endemismos incluso en zonas de extensión reducida. El resultado es un medio natural de gran riqueza, que explica la abundancia de espacios naturales de gran interés en las Islas (hoy la mayoría protegidos por la Ley 12/87 de Espacios Natura-

les de Canarias) y que está en la base del atractivo del Archipiélago hacia el exterior y del espectacular desarrollo del sector turístico.

En el aspecto de la ecología humana, la naturaleza volcánica del Archipiélago impone serias restricciones que limitan la capacidad de carga, es decir, la población que puede albergar en condiciones de calidad de vida aceptable. La escasez de recursos naturales –suelo cultivable, agua, materias primas y energéticas, etc.–, proverbiales por otra parte en todos los archipiélagos volcánicos oceánicos, hace que la población sea escasa en la mayoría de ellos. Canarias, clara excepción en este aspecto, supera estas restricciones por medio de mecanismos bien conocidos –desalación de agua del mar, sustitución de los usos tradicionales del suelo, «gasto» del medio natural en desarrollos urbanísticos, dependencia total de fuentes energéticas ajenas, etc.–, que no es otra cosa que un pro-

cedimiento artificial que rompe el «sistema cerrado» que constituyen las islas, pero a costa de un coste medioambiental que a la larga puede originar problemas estructurales de difícil solución.

Al ser el Archipiélago una zona volcánica activa, un factor consustancial es la existencia de riesgos ambientales asociados a la previsible reactivación de los procesos eruptivos. Estos riesgos inciden tanto en el medio natural como en la población. En el medio natural puede originar efectos muy variados, como provocar incendios forestales, afectar habitats y comunidades vegetales y animales, modificar sistemas de drenaje, paisajes, etc. En cuanto al riesgo para la población, en Canarias las probabilidades se inclinan de forma clara hacia erupciones futuras de magmas basálticos (fluidos) y mecanismos eruptivos de muy baja peligrosidad. Es preciso, sin embargo, contemplar la posibilidad –muy poco

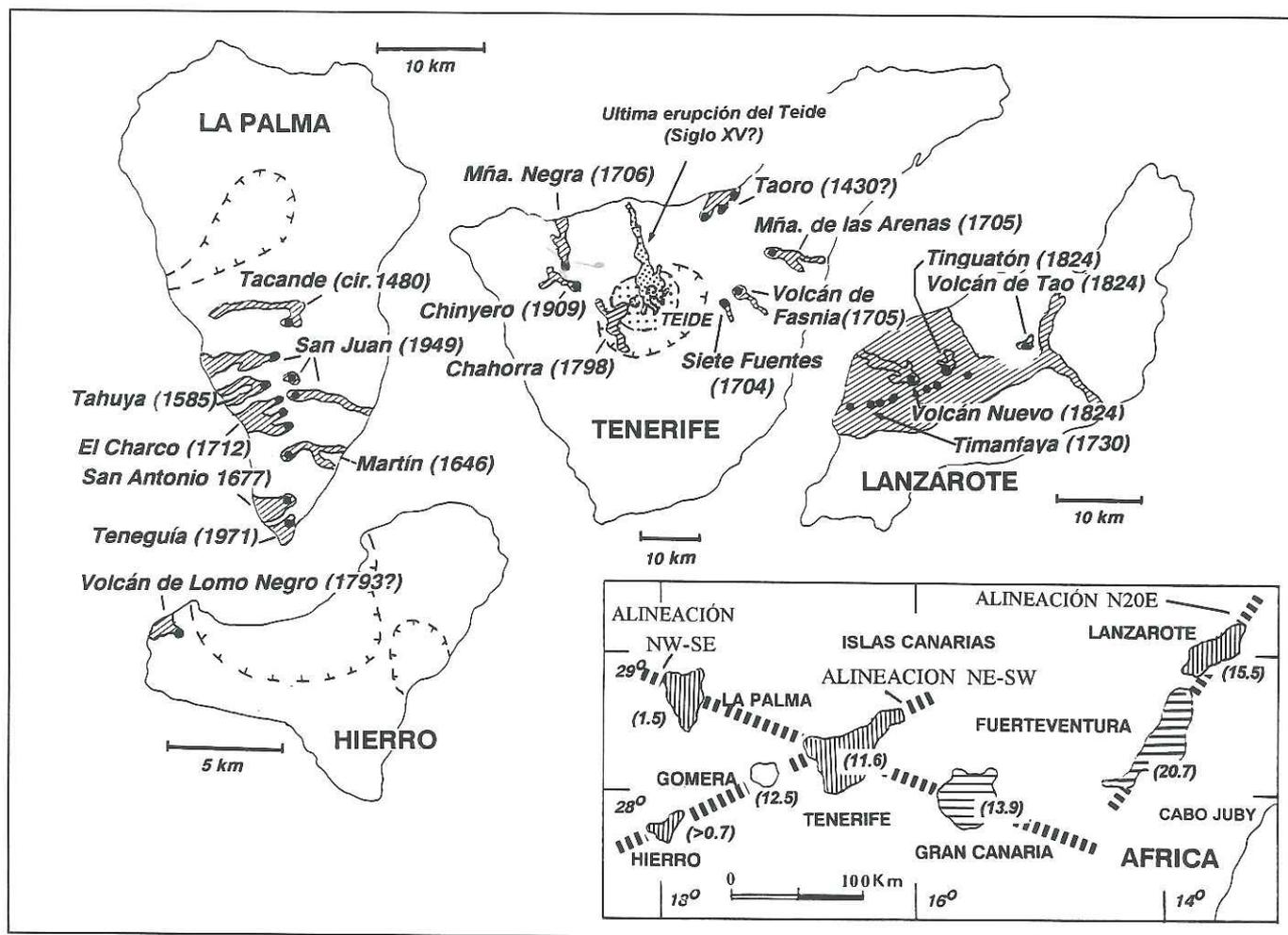


Fig. 1.—Mapa del Archipiélago Canario indicando la distribución del volcanismo histórico. En el recuadro inferior se muestran de forma esquemática las principales alineaciones tecto-volcánicas y su relación con la alineación de las islas. Entre paréntesis las edades más antiguas obtenidas para el volcanismo emergido.

probable a escala de tiempo humana, pero no despreciable en términos estadísticos— de que se produzcan erupciones fisurales de mayor magnitud, como la ocurrida en Lanzarote en 1730. La existencia de un complejo central sálico —el estratovolcán Teide, en la isla de Tenerife—, de historia volcánica en la que abundan episodios eruptivos mucho más explosivos y peligrosos, es un factor digno asimismo de especial atención.

El volcanismo activo en Canarias

El Archipiélago Canario es la única región de España con volcanismo activo donde se han registrado erupciones volcánicas y donde el marco geodinámico es propicio para que éstas se reproduzcan en el futuro. Aunque el Archipiélago se ha formado por la actividad eruptiva a partir del Oligoceno medio-Mioceno la época más interesante desde el punto de vista del volcanismo activo y los riesgos eruptivos es la historia, que comienza en Canarias con la colonización por España a principios del siglo XV. Durante este período se han registrado erupciones volcánicas en las islas de La Palma, Tenerife y Lanzarote (Fernández Navarro, 1919) y probablemente en Hierro (Hernández Pacheco, 1982), indicando que el volcanismo está activo a lo largo de toda la alineación del Archipiélago (Fig. 1).

Se pueden separar las islas en tres categorías bien definidas en función de su nivel de actividad volcánica reciente y los riesgos potenciales asociados: 1) Las islas de Tenerife, La Palma, Lanzarote y Hierro, que han tenido erupciones históricas y son, por definición, volcánicamente activas; 2) Las islas con volcanismo subhistórico —Fuerteventura y Gran Canaria—, especialmente reciente en Gran Canaria, donde se ha datado un centro de emisión (Montañón Negro, en las cumbres centrales de la isla) en el año 1100 B.C. (Nogales y Schmincke, 1969); y 3) La isla de Gomera, que puede considerarse como volcánicamente extinta, ya que no ha tenido erupciones volcánicas en el Cuaternario (Cantagrel *et al.*, 1984).

No parece existir pauta alguna en la distribución temporal de las erupciones históricas (Fig. 2). Los períodos de reposo presentan grandes variacio-

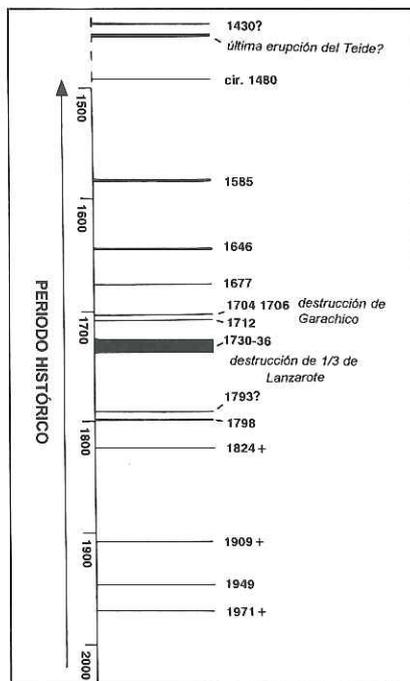


Fig. 2.—Distribución en el tiempo (frecuencia) de las erupciones volcánicas en el Archipiélago Canario desde el año 1400.

nes —desde 1 a 237 años—, con un valor promedio para el Archipiélago de unos 30 años. Puede en cambio observarse claramente una pauta bien definida en la distribución espacial del volcanismo en este período, en asociación estrecha con zonas con grandes afinidades con

los «rifts» presentes en otras islas oceánicas, particularmente activas y bien delimitadas en las islas de Tenerife, La Palma y Hierro. Estas zonas estructurales «tipo rift» que hemos denominado ZER (Carracedo *et al.*, 1989; Carracedo y Rodríguez Badiola, 1991) o SRTZ (Carracedo *et al.*, 1992), funcionan como verdaderos edificios volcánicos activos de carácter poligénico, al menos en lo que atañe a la vigilancia volcánica y la prevención de riesgos eruptivos, siendo, con gran diferencia, las zonas de mayor probabilidad de ubicación las futuras erupciones del Archipiélago.

Principales factores de riesgo volcánico

Los principales factores de riesgo asociados al volcanismo canario están indicados de forma esquemática en la Fig. 3. La mayor parte del volcanismo de los últimos cientos de miles de años y todo el histórico se concentra en las ZER mencionadas (1 en la Fig. 3). El hecho de que sólo aquellas islas en que estas estructuras están bien desarrolladas presentan actividad volcánica reciente importante parece sugerir que sean una manifestación de condiciones de generación y de alimentación de magma a la superficie capaces de man-

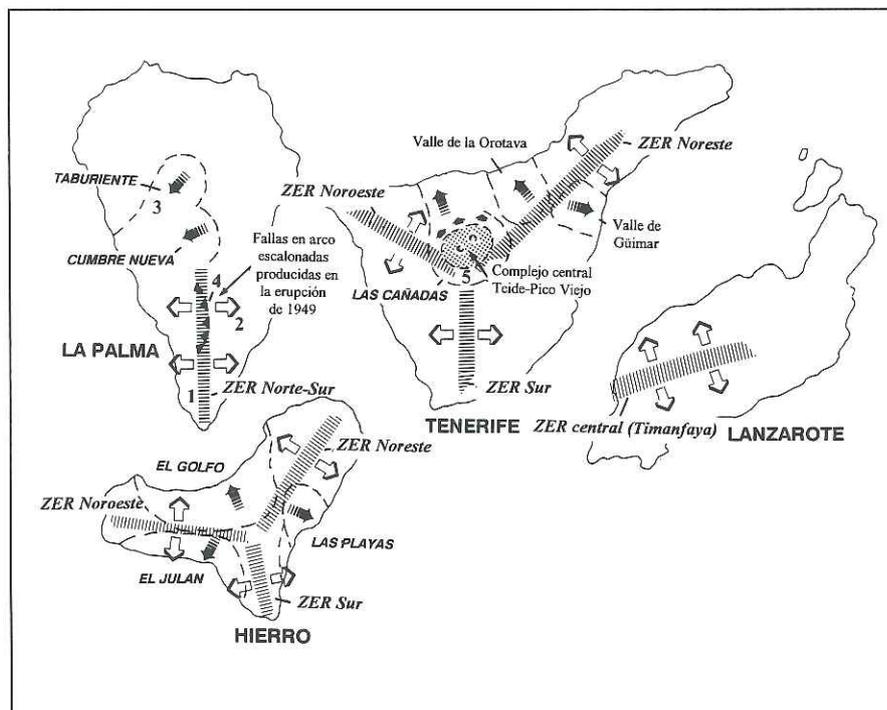


Fig. 3.—Representación esquemática de los principales factores de riesgo en relación con el volcanismo de las Islas Canarias, en el texto.

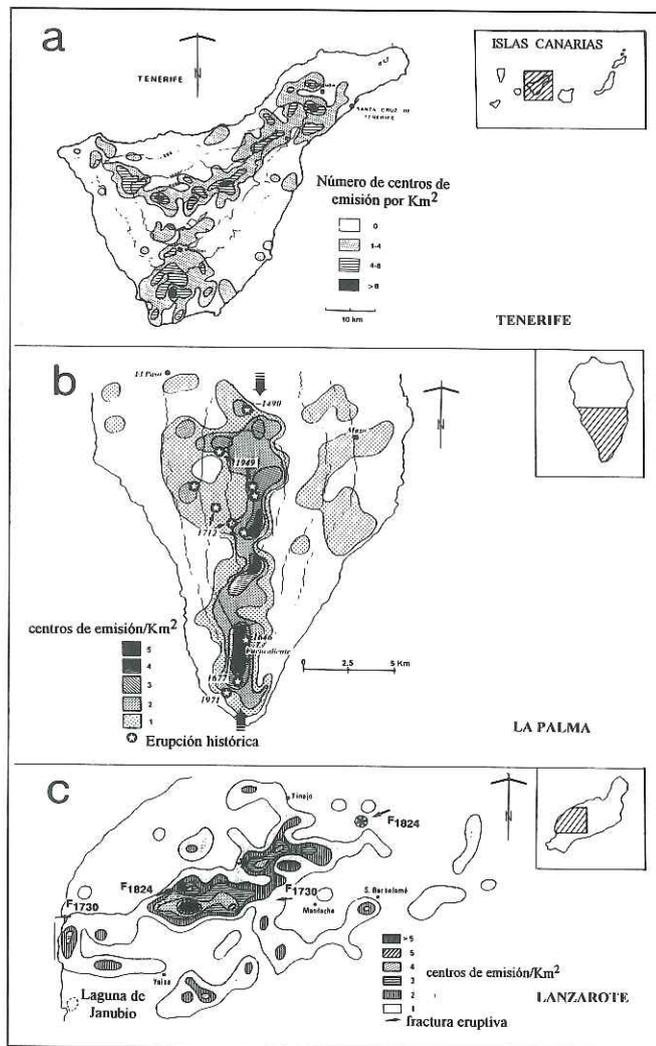


Fig. 4.—Concentración de los centros de emisión recientes en varios tipos de ZER activas. Explicación en el texto.

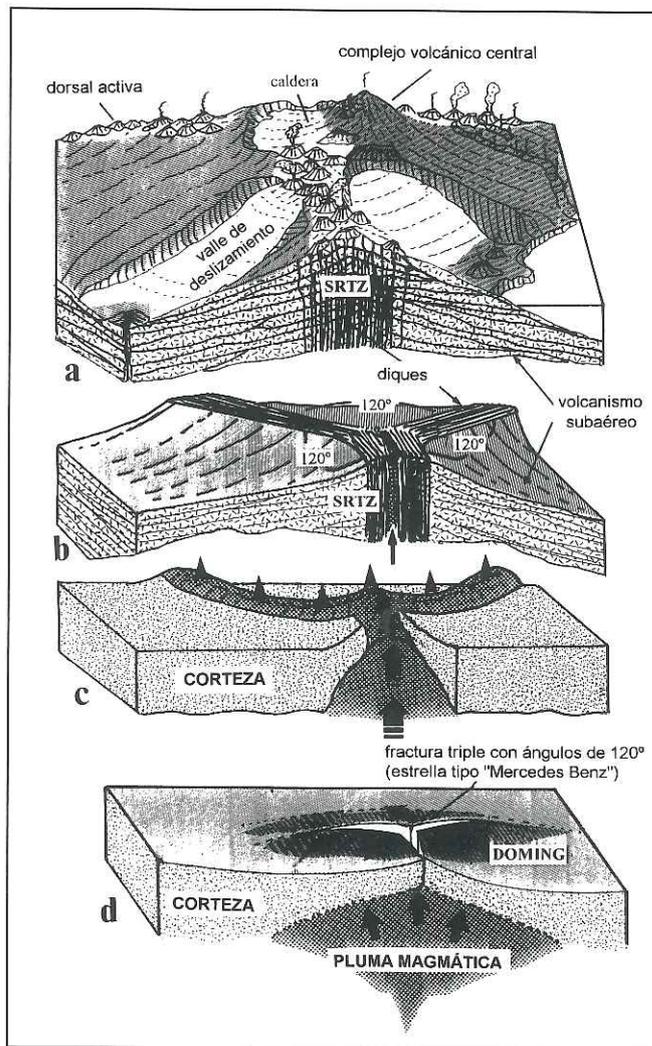


Fig. 5.—Ilustración muy simplificada de un posible modelo genético de las ZER que explica la geometría en estrella de tres puntas con ángulos de 120° en relación con un punto caliente.

tener una actividad eruptiva de larga duración.

Estas estructuras coinciden con las crestas topográficas de las islas, denominadas en el lenguaje local dorsales. En superficie se identifican por la acumulación, en una banda relativamente estrecha, de la mayoría de los centros de emisión recientes (Fig. 4); en el subsuelo profundo, observable a través de cientos de galerías excavadas para la extracción del agua subterránea, se corresponde con un enjambre de diques de densidad creciente hacia el núcleo de la ZER.

El origen de estas estructuras tipo rift podría estar relacionado con campos alineados de esfuerzos distensivos (2 en la Fig. 3) cuyo mecanismo de formación parece deducirse de su geometría simple, en estrella de tres puntas a 120° (la estrella tipo «Mercedes Benz» de Wyss, 1980). En la Fig. 5 se indica un modelo simplificado de la

formación de un ZER triple en asociación con los esfuerzos de empuje de un punto caliente localizado. Luongo y colaboradores (1991) han demostrado el origen distensivo de estas fracturas a 120°, en realidad fracturas de «mínimo esfuerzo» en respuesta a empujes ascensionales del magma.

Un modelo genético alternativo que no requiere empujes ascensionales localizados se basaría en la relajación de los esfuerzos causados por la intrusión forzada de diques en una ZER lineal (sencilla) mediante la tendencia a la invención de otros diques en disposición aproximadamente ortogonal (Walker, 1992). Eventualmente, este proceso daría lugar igualmente a la formación de una tercera rama y a la adopción de la geometría del mismo esfuerzo en estrella triple con ángulos de 120° (tipo «Mercedes Benz»).

En cualquier caso, la existencia de actividad eruptiva coetánea a lo largo

de la alineación del Archipiélago parece apoyar la existencia de un punto caliente más que otros modelos cinemáticos propuestos. Se origina así una extensa anomalía en que los sistemas volcánicos actualmente activos en La Palma, Tenerife y Lanzarote estarían dinámicamente mantenidos de forma simultánea por esta amplia pluma magmática.

La aparición de ZERs sencillas (una sola rama) o complejas (siempre de tres ramas a 120°) debe estar condicionada en gran parte por la estructura cortical de la zona y el marco geodinámico local, como se indica de forma simplificada en el Cuadro I.

El riesgo volcánico asociado a las erupciones basálticas fisurales que se concentran en estas ZER es, por lo general, de escasa magnitud. Los daños están frecuentemente originados por caída de piroclastos incandescentes en un radio de unos pocos centenares de

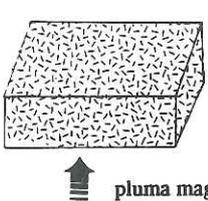
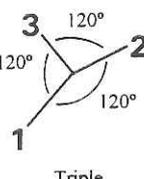
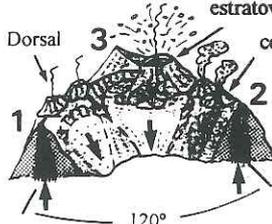
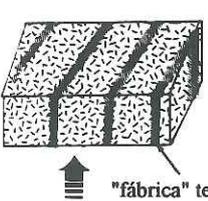
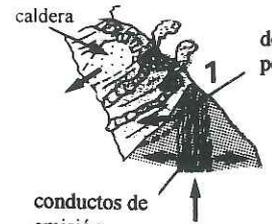
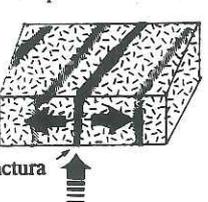
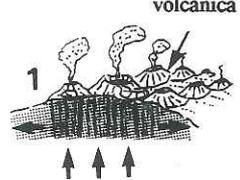
metros alrededor del centro de emisión y por el flujo de coladas de lava, generalmente de baja velocidad y cuyo curso está estrechamente controlado por la topografía. Una clara excepción dentro de esta pauta normal en el volcanismo histórico canario es la erupción ocurrida entre 1730 y 1736 en la isla de Lanzarote. La emisión de productos basálticos con un volumen total de 3-5 Km³, durante un período de unos 6 años, tuvo como consecuencia la destrucción de un 23 % de la superficie de la isla; la mayor parte de la tierra cultivable se perdió y la población, sin posibilidades de sustento, emigró en masa a otras islas (Carracedo *et al.*, 1989; Carracedo y Rodríguez Badiola, 1991).

Un fenómeno volcánico indirecto, de gran importancia en relación con los riesgos naturales y los procesos de modificación del relieve, es la tendencia al deslizamiento de grandes bloques de los edificios insulares, especialmente cuando éstos están muy desarrollados. La creciente inestabilidad originada por el rápido crecimiento y la alta re-

lación del aspecto (altura/base) que alcanzan los edificios volcánicos más activos, origina esfuerzos gravitatorios tensionales que tienden a desgajar partes del edificio y provocar su deslizamiento hacia el mar. La inyección forzada de diques en las ZER, especialmente en las fases eruptivas más intensas, refuerza este efecto. Las estructuras tipo caldera, tan frecuentes en Canarias (3 en la Fig. 3), han sido interpretadas como gigantescas avalanchas o deslizamientos por numerosos autores (Bravo, 1962; Coello, 1973; Hausen, 1971, 1973; Mitchell-Thomè, 1976; Ridley, 1971; Navarro y Coello, 1989). Holcomb y Searle (1990) han encontrado pruebas de una génesis parecida para la depresión de El Julan, en el SO de la isla de Hierro. Parece que son los deslizamientos de grandes masas a partir de edificios volcánicos inestables y bordeados por ZERs muy activas el principal proceso responsable de la destrucción y pérdida de volumen de las islas volcánicas oceánicas evolucionadas (Duffield *et al.*, 1981;

Holcomb and Searle, 1990; Stieltjes, 1988).

Un último factor de riesgo importante en Canarias es la presencia en la isla de Tenerife de un gran estratovolcán central, activo, al parecer, en fecha tan reciente como el siglo XV (Soler y Carracedo, 1986). En este edificio sáfico (5 en Fig. 3) han abundado las erupciones de mecanismos explosivos que, aunque con una probabilidad de ocurrencia extremadamente baja, no pueden descartarse totalmente. La magnitud del proceso eruptivo que en este caso podría producirse y la gran extensión que quedaría previsiblemente afectada (Booth, 1979) aconsejan, por baja que sea esta probabilidad, prestar una especial atención al seguimiento de la actividad de este edificio volcánico. Por otra parte, el Complejo Teide está anidado en la caldera de deslizamiento gravitacional de Las Cañadas (Navarro y Coello, 1989) y bordeado por las ZER muy activas de la Dorsal de La Esperanza y de Teno (Carracedo, 1979). La altura alcanzada

ESTRUCTURA CORTICAL	ASCENSO DEL MAGMA	RAMAS DE LA ZER	TIPO DE ZER	DORSAL RESULTANTE	EJEMPLO	TIPO DE MAGMAS
isotrópico 	"magmafracting" hidráulico		Triple y de alta relación de aspecto (frecuencia eruptiva media + baja tasa eruptiva)		estratovolcán conos de cinder DORSALES DE TENERIFE Y EL HIERRO	Magmas primitivos (basanitas, basaltos) en las ZERs. Magmas evolucionados (traquitas, fonolitas) en su intersección
anisotrópico 	"magmafracting" hidráulico controlado tectónicamente		Sencilla y de alta relación de aspecto (frecuencia eruptiva alta + baja tasa eruptiva)		deslizamiento potencial. DORSAL SUR DE LA PALMA	Magmas primitivos, profundos (basanitas, basaltos)
anisotrópico + distensión 	"magmafracting" hidráulico controlado tectónicamente + distensión		Sencilla y de baja relación de aspecto (frecuencia eruptiva baja + alta tasa eruptiva)		alineación volcánica ALINEACIÓN VOLCÁNICA CENTRAL DE LANZAROTE	Magmas primitivos, profundos (basanitas, basaltos) y superficiales y evolucionados (toleitas olivínicas)

Cuadro I.-Relación entre las condiciones corticales y geodinámicas locales y los diferentes tipos de ZER que se generan.

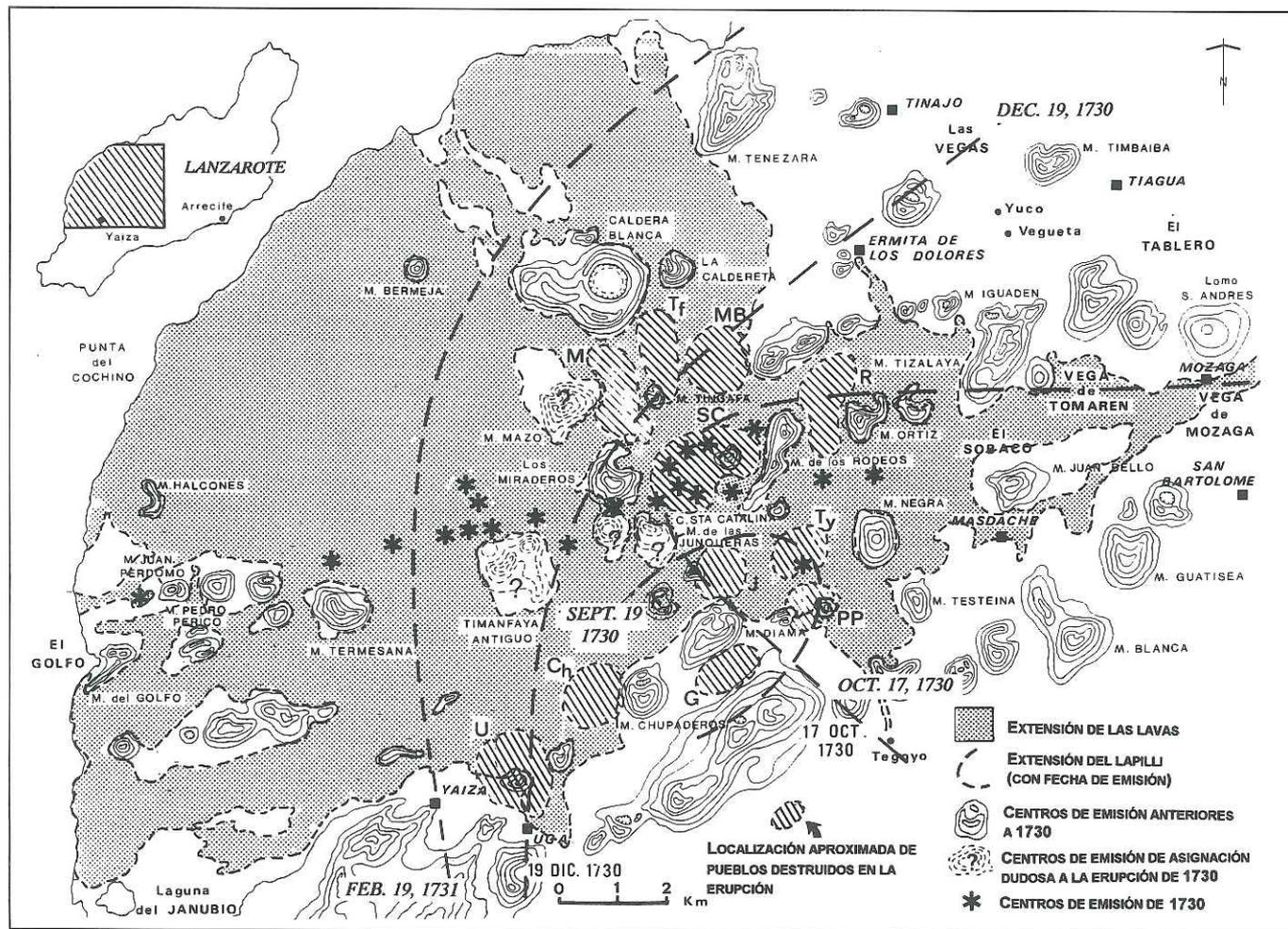


Fig. 6.—Extensión de la isla de Lanzarote cubierta por las coladas (en trama de puntos) y piroclastos (en línea de trazos) de la erupción de 1730. Junto con una profunda modificación del paisaje y la topografía en un 25 % de esta isla, se produjo la destrucción de varios poblados, cuya localización aproximada se indica (rayado): MB: Mancha Blanca; Tf: Tíngafa; SC: Sta. Catalina; M: Mazo; R: Rodeo; PP: Peña Palomas; TY: Timanfaya; J: Jarretas; G: Gerias; Ch: Vega de Chupadero; U: Vega de Uga.

por este edificio volcánico (3.718 m y 1.700 m sobre el fondo de la caldera), su inestabilidad hacia el flanco norte de la isla y los esfuerzos distensivos que pueden esperarse en el emplazamiento forzado («wedging») de diques de alimentación de cualquier nueva erupción en las mencionadas ZER imponen un riesgo significativo para la isla y pone énfasis en la conveniencia de proceder a su adecuada observación y estudio.

Impacto de las erupciones volcánicas sobre el medio ambiente

El riesgo eruptivo sólo se puede entender en relación con la población humana y la infraestructura que permite su subsistencia, y nunca en conexión con el medio natural. Esto es lógico puesto que las islas se han formado por

«La naturaleza volcánica de las Islas Canarias y el dilatado período de construcción de la mayoría de los edificios insulares van a tener diferentes repercusiones de carácter medioambiental, tanto en el medio natural como en la ecología humana»

la repetición de episodios eruptivos que forman parte de la cadena de procesos naturales que constituyen su medio ambiente normal y al que se han adaptado de manera interactiva los sistemas físicos y los ecosistemas a lo largo de la dilatada historia geológica del Archipiélago.

Sólo lo relacionado con la ocupación humana de las Islas —episodio, por otra parte, de escasa significación geológica— está en riesgo ante estos fenómenos naturales. Los procesos eruptivos funcionan más bien como «restauradores» del equilibrio natural, roto por el hombre. El riesgo es, pues, correlativo a la mayor o menor capacidad del hombre para adaptarse y convivir con el medio natural volcánico sin modificarlo o haciéndolo inteligentemente, asumiendo como parte del escenario el riesgo inherente y preparándose para afrontarlo. Esto ocurre igualmente con otros riesgos naturales, como terremotos, inundaciones, mare-



Fig. 7.—Vista aérea de la dorsal de Cumbre Vieja en La Palma, la ZER más activa en el período histórico del Archipiélago. Su elevación de casi 6.000 m sobre el fondo oceánico hace que este edificio reciente esté asimismo muy desestabilizado y propenso a deslizamientos. (Foto S. Socorro).

motos, tifones, etc., que frecuentemente devienen en desastres por la mala adaptación al entorno y la falta de una prevención adecuada.

Efecto de las erupciones en el Medio natural

En el caso, más probable, de que se produzca una erupción basáltica fisural, tipo al que pertenecen todas las ocurridas en período histórico en Canarias, varios son los efectos que pueden esperarse sobre el medio natural, dependiendo su importancia de la magnitud y duración de la erupción. Una de las más inmediatas es la modificación del paisaje. Esta modificación puede ser más o menos «instantánea» en términos geológicos, como la que puede ocurrir en horas, o a lo más en unos años, en el transcurso de una erupción. Los cambios en la topografía, la creación de nuevos elementos del paisaje —conos volcánicos, campos

de lavas, plataformas o deltas costeros— son los más frecuentes. Si la magnitud y duración de la erupción son extraordinarias, como ocurre con la de Lanzarote de 1730, de magnitud y «duración» anómalas para la pauta normal del volcanismo histórico del Archipiélago, puede cambiar sustancialmente la entera fisonomía de una isla (Fig. 6).

Las erupciones fisurales pueden, con el tiempo, originar figuras del relieve mucho más relevantes cuando están asociadas a ZERs en funcionamiento durante cientos de miles de años, concentrando las emisiones en alineaciones de creciente elevación, que acaban configurando las crestas topográficas denominadas en Canarias «dorsales», equiparables paisajísticamente a las alineaciones montañosas de ambientes continentales (Fig. 7). Es posible que, como hemos visto al considerar los factores de riesgo en Canarias, la concentración de emisiones volcánicas en estos «rifts» activos

sea finalmente el agente causante de los grandes deslizamientos, en la práctica «instantáneos», posiblemente el origen de otro de los elementos paisajísticos más relevantes: las depresiones calderiformes (Calderas de Las Cañadas, Valles de La Orotava y Güimar, etc.).

Otro efecto, mucho más directo, de las erupciones fisurales en el medio natural es la generación de incendios forestales. La mayor probabilidad de localización de los centros de emisión en las cumbres coincidiendo con las dorsales activas, precisamente en las zonas de mayor densidad forestal, hace que tanto la caída de piroclastos, como las coladas que se puedan generar y fluyan por la pendiente, originen incendios forestales potencialmente devastadores. La adaptación al fuego de las especies forestales autóctonas, especialmente el pino canario, ha podido producirse por la repetición frecuente de grandes incendios forestales relacionados con erupciones volcánicas.

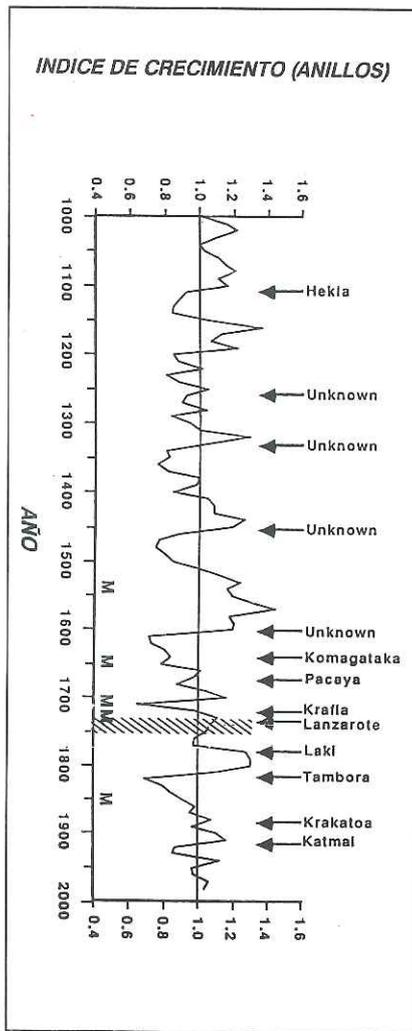


Fig. 8.—Influencia de la erupción de Lanzarote de 1730 en los cambios climáticos globales, deducidos del análisis de anillos de crecimiento en coníferas de Sierra Nevada, California, USA (modificado de Scuderi, 1990).

Las erupciones juegan asimismo un relevante papel ecológico, especialmente si alcanzan una magnitud considerable. La generación de un medio físico esterilizado —ecosistemas «nuevos» producidos en cada erupción volcánica— sin soporte inicial para la vida, provoca complejos procesos de formación de sustrato (suelo vegetal) y su colonización por especies de flora y fauna. Un buen ejemplo de esto lo constituye el extenso campo lávico de la erupción de Lanzarote de 1730, en su mayor parte integrado ahora en el Parque Nacional de Timanfaya.

Las erupciones volcánicas aportan asimismo factores de diversidad, como pueden ser la amplia gama de morfologías volcánicas —diferentes condiciones de fijación—, de composición geoquímica de los materiales extruidos, de accidentes morfológicos que originan

habitats muy especiales —cuevas, tubos volcánicos, etc.—. Estos factores, añadidos a la partición del territorio por los productos (coladas) de las emisiones volcánicas, que configuran frecuentemente un mosaico de piezas más o menos aisladas entre sí, suponen un dinamismo inductor de diversidad genética que estimula la diversificación específica y la aparición de endemismos, tan abundantes en el Archipiélago.

Un último aspecto a considerar entre los efectos del volcanismo en el medio natural es el producido por la emisión de productos volcánicos finamente fragmentados y gases. Los efectos sobre el clima local pueden ser significativos, afectando a las flora y fauna de la zona, tanto por tapizar con un fino polvillo las hojas provocando la muerte de la planta, como por efectos parecidos a los de la «lluvia ácida», por la emisión de aerosoles con alto contenido en SO_4H_2 . En el caso de erupciones de magnitud considerable, como la de Lanzarote de 1730, se pueden producir cambios climáticos apreciables incluso a nivel mundial, al disminuir la radiación solar como consecuencia de perturbaciones en la distribución de aerosoles en la estratosfera. El análisis de anillos de crecimiento en bosques de Sierra Nevada (California, USA) y del avance de los glaciares indican un descenso global de la temperatura en relación con esta erupción en Canarias (Fig. 8), con un valor máximo en el primer año de la erupción (Scuderi, 1990). Las erupciones basálticas parecen, por otra parte, liberar compuestos volátiles de azufre (aerosoles) en volúmenes un orden de magnitud mayor que las silícicas de similar importancia (Devine *et al.*, 1984), estimándose para ésta de Lanzarote un «fallout» ácido total de 60×10^6 toneladas métricas (Hammer *et al.*, 1980). La presencia de una persistente y extensa «niebla seca» en Europa en 1733 ha sido asociada con esta erupción de Lanzarote (Tomlinson, 1880), lo que hace suponer que los efectos en el propio Archipiélago debieron ser considerables.

Riesgo volcánico y ecología humana planificación de medidas de prevención

La circunstancia de la existencia de riesgos asociados a procesos eruptivos

previsibles no ha tenido reflejo alguno, como cabría esperar, en la planificación territorial en el Archipiélago. Es evidente que esto ocurre porque, aunque el riesgo es real, no se percibe adecuadamente. Sin percepción de un riesgo determinado éste no «existe», ni genera respuestas correlativas de defensa (Wittow, 1980; UNDR0 and UNESCO, 1985). Sin embargo, la falta de percepción de un peligro no conlleva necesariamente que éste no devenga en daño real, pero en este caso sin preparación alguna para mitigar sus efectos. Este problema de falta de una adecuada percepción de un riesgo real se puso de manifiesto de forma paradigmática en las erupciones del Monte St. Helens (USA, 1980) y el Nevado del Ruiz (Colombia, 1985). En el primer caso se trata de una erupción de gran magnitud —una de las mayores que se conoce en época reciente—, en la

«El Archipiélago Canario es la única región de España con volcanismo activo»

que se produjeron mecanismos eruptivos no bien conocidos ni esperados y de enorme poder destructivo. La erupción del Nevado del Ruiz fue, en cambio, varios órdenes de magnitud inferior y los fenómenos que en realidad se produjeron habían sido previstos con suficiente antelación y un nivel de acierto cercano al 100 %. Ahora bien, la prevención efectiva emprendida, adecuada en el primer caso y muy deficiente en el segundo, se pone en evidencia por el primer caso y muy deficiente en el segundo, se pone en evidencia por el número de víctimas habido, 57 y unas 23.000 respectivamente. La comprensible tendencia a generar una falta sensación de seguridad y el síndrome de «espera en la toma de decisiones hasta el último minuto» son lecciones a aprender para evitar su repetición (Carracedo, 1988; Voight, 1990).

La magnitud del riesgo volcánico (R) puede evaluarse en Canarias mediante la ecuación 1 (Fournier d'Albe, 1979):

$$R = V \times V' \times H \quad [1]$$

donde H es la probabilidad (%) de que ocurra un determinado fenómeno potencialmente peligroso, en este caso una erupción volcánica; V es una medida de la población y recursos económicos totales de la zona, en este caso una isla, y V' la fracción de V que puede verse afectada si ocurre el fenómeno. Si valoramos H de 0 a 3 (probabilidad nula, baja, moderada, alta), V de

1 a 3 (1. Gomera, Hierro, Fuerteventura; 2. Lanzarote, La Palma; y 3. Tenerife y Gran Canaria) y V' de 1 a 3 (1. $V' < 10\%$ (V); 2. $V' < 50\%$ (V); y 3. $V' = V$), obtendremos los valores que se indican en el Cuadro 2, que aportan una primera valoración del riesgo volcánico correspondiente a las diferentes islas.

comparativos, tal factor ni siquiera se ha contemplado en los planes de ordenación del territorio. Esta «deficiencia» es, cuando menos, comprensible, y ello por varias razones. El largo período promedio de recurrencia del volcanismo en Canarias (unos 30 años), hace que se «pierda memoria» de este riesgo natural. Aunque en los últimos 40 años se han producido dos erupciones en Canarias (lo que hace que las personas mayores de unos 50 años hayan conocido dos erupciones volcánicas, frecuencia realmente alta para estos fenómenos), ambas lo han sido en una misma isla (La Palma) y en unas condiciones tan benignas que se ha extendido la falsa impresión de que no hay riesgo importante asociado a estos procesos. Sin embargo, las múltiples derivaciones, algunas muy peligrosas, que puede tomar todo proceso eruptivo, hace que esta falsa sensación de seguridad pueda ser contraproducente en una nueva ocasión. Es igualmente nocivo no percibir el riesgo, que percibirlo en forma infravalorada.

«La circunstancia de la existencia de riesgos asociados a procesos eruptivos previsibles no ha tenido reflejo alguno, como cabría esperar, en la planificación territorial en el Archipiélago»

Riesgo volcánico y ordenación del territorio

Es evidente que la medida de prevención del riesgo volcánico más efectiva es su contemplación en los planes de ordenación territorial de la zona potencialmente afectada. Esta medida, que parece muy razonable, no es realmente puesta en práctica (salvo en países muy desarrollados técnica y culturalmente como USA o Japón) ni siquiera en volcanes de riesgo eruptivo muy elevado (Etna, Vesubio, etc.). En el caso de Canarias, cuyo riesgo eruptivo es muy moderado en términos

ISLA	H	V	V'	R
Tenerife	3(1) ¹	3	1(3)	9(9)
La Palma	3	2	1	6
Lanzarote	2	2	2 ²	6
Hierro	2	1	1	1
Gran Canaria ³	1	3	1	3
Gomera	0 ⁴	1	1	0

¹ Si además de las erupciones fisurales de las dorsales activas se contempla una erupción de alta energía del Complejo Central (Teide), en realidad de muy baja probabilidad, los datos aparecen entre paréntesis.. Obsérvese que el resultado final de R viene a ser similar para ambos supuestos.

² Las erupciones se valoran como potencialmente más peligrosas por la anómalamente elevada magnitud de la ocurrida en la isla en 1730. Sin embargo, esta peligrosidad es sólo real para la infraestructura y la productividad económica, ya que la naturaleza de estas erupciones las hace muy poco peligrosas para la población. Ni en 1730, ni probablemente en otra futura erupción, habría que lamentar probablemente víctimas entre la población con este tipo de erupciones.

³ El elevado valor de V da a Gran Canaria un riesgo volcánico significativo, a pesar de que la probabilidad (H) es baja.

⁴ Gomera es la única isla del Archipiélago en que el volcanismo puede considerarse extinguido, ya que no ha experimentado ninguna erupción al menos en el último millón de años.

Cuadro 2.-Valoración del riesgo volcánico para cada una de las islas del Archipiélago Canario.

Otro problema para la estimación general del riesgo volcánico en su justa medida ha sido el concepto extendido, incluso entre especialistas, de que el volcanismo canario es difuso en su localización, de tal forma que una futura erupción puede localizarse en cualquier punto del Archipiélago. Esto no es en absoluto cierto, y menos en términos probabilísticos. Como hemos visto, algunas islas carecen en absoluto de riesgo eruptivo (en términos científicos) y otras lo presentan muy bajo, prácticamente en forma negligible. Sólo en Tenerife, La Palma y Lanzarote, y en mucho menor medida Gran Canaria y Hierro, tiene entidad suficiente este riesgo natural como para requerir atención, y esto sólo en unas zonas determinadas: las ZERs activas y el estratovolcán Teide. El resto, si bien no puede evidentemente considerarse totalmente exento de riesgo, sí se puede relegar a un segundo plano en términos de probabilidad, y por lo tanto, de riesgo (ver ecuación 1).

Una medida moderada y pragmática en relación con el riesgo volcánico y la ordenación del territorio en las Islas Canarias sería contemplar este factor en dos supuestos concretos: a) En aquellas zonas donde el riesgo sea objetivamente elevado. b) Para aquellas instalaciones o actividades de tipo estratégico, o cuya afección por un proceso eruptivo pudiera entrañar un gran peligro (Refinerías, centrales térmicas, depósitos de materiales explosivos o combustibles, potabilizadoras insulares, redes arteriales de distribución de agua, etc.). Aunque para este segundo supuesto existe una figura adecuada: el estudio preceptivo de Impacto ambiental, su elaboración requiere de una previa zonificación del riesgo volcánico, labor que precisa de un perfecto conocimiento de los diferentes edificios volcánicos activos, al que no se llega sino con años de investigación por especialistas y medios técnicos e instrumentales adecuados.

Existen numerosos ejemplos de zonificación de riesgos volcánicos, elaborados ya de forma más o menos completa y detallada para la casi totalidad de los edificios volcánicos activos en zonas de elevada población—Monte St. Helens (Grandell and Mullineaux, 1978); Etna (Guest and Murray, 1979); Nevado del Ruiz (INGEOMINAS, 1985a, 1985b), etc.—. En Canarias, aunque se han realizado algunos mapas parciales relacionados

con el riesgo en las dorsales activas de Tenerife y Lanzarote (Carracedo *et al.*, 1989; Carracedo *et al.*, 1990), este aspecto está aún prácticamente por abordar, especialmente en lo que atañe al estratovolcán Teide. ■

Referencias

- BOOTH, A. (1979): «Assessing volcanic risk». *A. Geol. Soc. London*, 136: 331-340.
- BRAVO, T. (1962): «El Circo de Las Cañadas y sus dependencias». *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat.*, 60: 83-108.
- CANTAGREL, J. M., CENDRERO, A., FUSTER, J. M., IBARROLA, E. and JAMOND, C. (1984): «K-Ar chronology of the volcanic eruptions in the Canarian Archipelago: Island of Gomera». *Bull. Volcanol.*, 47-3: 604-609.
- CARRACEDO, J. C. (1979): «Paleomagnetismo e Historia Volcánica de Tenerife». *Aula Cultura de Tenerife*: 1-82.
- CARRACEDO, J. C. (1988): «El Riesgo Volcánico», en: *Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental*, Pub. Inst. Geol. Minero de España, Madrid: 83-97.
- CARRACEDO, J. C. y RODRIGUEZ BADIOLA, E. (1991): «La erupción de Lanzarote de 1730». *Serv. Public. Cabildo Insular Lanzarote*: 1-215 (con un mapa geológico 1/25.000 a color).
- CARRACEDO, J. C., RODRIGUEZ BADIOLA, E. y SOLER, V. (1990): «La erupción de Lanzarote de 1730-36. Aspectos volcánológicos, estructurales y petrológicos e implicaciones en riesgo volcánico». *Estudios Geológicos*, 46, 1-2: 25-55.
- CARRACEDO, J. C., SOLER, V., BADIOLA, E. R. y HOYOS, M. (1990): «Zonificación del riesgo para erupciones volcánicas de baja magnitud en la isla de Tenerife, islas Canarias». *Pub. IV Reunión Nal. Geol. Ambiental*: 65-72.
- COELLO, J. (1973): «Las series volcánicas en subsuelos de Tenerife». *Estudios Geológicos*, 29: 491-512.
- GRANDELL, D. R. and MULLINEAUX, D. R. (1978): «Potential hazards from future eruptions of Mount St. Helens volcano, Washington». *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1383-C: 1-26.
- DEVIRE, J. D., SIGURDSSON, H., DAVIS, A. N. and SELF, S. (1984): «Stimulations of sulphur and chlorine yield to the atmosphere from volcanic eruption and potential climatic effects». *J. Geophys. Res.* 89: 6309-6325.
- DUFFIELD, W. A., STIELTJES, L. and VARET, J. (1981): «Huge landslide blocks in the growth of Piton de la Fournaise, La Réunion, and Kilauea Volcano, Hawaii». *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 12: 147-160.
- FERNANDEZ NAVARRO, L. (1919): «Las erupciones históricas en Canarias». *Mem. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 11-2: 1-75.
- FOURNIER D'ALBE, E. M. (1979): «Objetivos de volcánico monitoring and prediction». *J. Geol. Soc. London*, 136: 321-326.
- GRACIA Y JUSTICIA (1731): «Descripción del estado a que tiene reducida el Volcán la Isla de Lanzarote desde el primer día de Septiembre de 1730 hasta el 4 de Abril de 1731». G. y J., Leg. 89, Archivo de Simancas (Manuscrito, 56 pp.).
- GUEST, J. E. and MURRAY, J. B. (1979): «An analysis of hazard from Mount Etna volcano». *J. Geol. Soc. London*, 136: 347-354.
- HAMMER, C. U., CLAUSEN, H. B. and DANSGAARD, W. (1980): «Greenland ice sheet evidence of post-glacial volcanism and its climatic impact». *Nature (London)* 288: 230-235.
- HAUSEN, H. (1971): «Rockfalls, landslides and creep in the Canaries». *Acta Geographica*, 23: 1-43.
- HAUSEN, H. (1973): «Outlines of the geology of Hierro (Canary Islands)». *Societas Scientiarum Fenn. Comm. hys. Mathem.*, 43: 65-148.
- HERNANDEZ-PACHECO, A. (1982): «Sobre una posible erupción en 1793 en la isla de Hierro (Canarias)». *Estudios Geológicos*, 38: 15-25.
- HOLCOMB, R. T. and SEARLE, R. C. (1990): «Large landslides from oceanic volcanoes». *Geology (in the press)*.
- INGEOMINAS (1985a): «Estudio de los riesgos volcánicos potenciales del Nevado del Ruiz. Informe preliminar de las actividades desarrolladas (período julio 20 octubre 7 de 1985)». INGEOMINAS, Bogotá: 1-19.
- INGEOMINAS (1985b): «Estudio de los riesgos volcánicos potenciales del Nevado del Ruiz. Informe preliminar de las actividades desarrolladas (período octubre 8 noviembre 10, 1985)». INGEOMINAS, Bogotá: 1-29.
- LUONGO, G., CUBELLIS, E., OBRIZZO, F. and PETRAZZUOLI, S. M. (1991): «A physical model for the origin of volcanism of the Tyrrhenian margin: the case of the Neapolitan area». *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 48: 173-185.
- MITCHELL-THOME, R. C. (1976): «Geology of the Middle Atlantic Islands». (chapter 7, *Geology of the Canarian Archipelago*). Gebrüder Borntraeger, Berlín. *Geol. Erde*: 153-246.
- NAVARRO, J. M. y COELLO, J. (1989): «Depressions originated by landslide processes in Tenerife». *ESF Meeting on Canarian Volc.*, Lanzarote: 150-152.
- NOGALES, J. y SCHMINCKE, H. U. (1982): «El pino enterrado de las Arenas (Gran Canaria)». *Cuad. Bot. Canar.*, V: 23-25.
- RIDLEY, W. I. (1971): «The origin of some collapse structures in the Canary Islands». *Geol. Magazine*, 108: 477-484.
- SCHMINCKE, H. U. (1982): «Volcanic and chemical evolution of the Canary Islands». in: *Geology of the Northwest African continental margin*, V. von Rad, K. Hinz, M. Shartein and E. Seibold (Editors), Springer-Verlag, New York, 273-306.
- SCUDERI, L. A. (1990): «Tree-ring evidence for climatically volcanic eruptions». *Quaternary Research*, 34: 67-85.
- SOLER, V. y CARRACEDO, J. C. (1986): «Aplicación de técnicas paleomagnéticas de corto período a la datación del volcanismo subhistórico de Tenerife». *Geogaceta*, 1: 33-35.
- STIELTJES, L. (1988): «Natural hazards on Piton de la Fournaise volcano (Réunion Island, Western Indian Ocean)». *Kagoshima International Conference on Volcanoes*, vol. of proceedings: 606-608.
- TOMLINSON, C. (1880): «The Dew-drop and the Mist». *Society for Promoting Christian Knowledge*, London.
- UNDRÖ and UNESCO (1985): «Volcanic emergency management». *United Nations*, New York.
- VOIGHT, B. (1990): «The 1985 Nevado del Ruiz volcano catastrophe: anatomy and retrospection». *J. Volcanol. and Geotherm. Res.*, 42-2: 151-188.
- WITOW, A. (1980): «Disasters». *Penguin*, Harmond and Sworth, London.
- WYSS, M. (1980): «Hawaiian rifts and recent Icelandic volcanism: expressions of plume generated radial stress fields». *J. Geophys.*, 47: 19-22.

RIESGOS NATURALES EN CANARIAS



José Sansón Cerrato

Geólogo, Técnico Superior de Riesgos Naturales y Antrópicos de la Unidad de Protección Civil de la Delegación del Gobierno de Canarias.

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid, en 1980, ha desempeñado su actividad profesional en empresas públicas, privadas y en la Administración, dedicado a la realización de estudios yacimentológicos, hidrogeológicos y geotécnicos en diversos puntos de España.

El Archipiélago Canario está sometido por su posición geográfica, por su origen volcánico y por condicionantes socioeconómicos propios, a un cortejo de riesgos naturales que si bien están lejos de constituir una amenaza seria para la población y los bienes, es preciso tenerlos en cuenta a la hora de realizar una adecuada planificación territorial o de establecer los planes de emergencia que serán activados en caso de que estos riesgos se actualicen.

Entre estos riesgos se encuentran los de naturaleza geológica, tales como las avenidas, los movimientos gravitacionales, las erupciones volcánicas y los terremotos. Merecen una mención especial los incendios forestales que aunque se deben en su mayoría a causas antrópicas, son motivo de una especial preocupación todos los años. Desde los poderes públicos se está haciendo un esfuerzo considerable para dar una adecuada respuesta a estos problemas aunque aún se está lejos de alcanzar este objetivo.

The Canary Island, due to its geographical position, volcanic origin and its own socioeconomic conditions are subject to suffer a number of natural hazards which although not very likely pose a real threat to its population and goods, it is necessary to take them into account when it comes to make a suitable emergency plan for such events.

Among the geological hazards it can be named: flash-floods, gravitational movements, volcanics eruptions and earthquakes. Although big forest fires are caused by anthropic activity, they are particulary important beacause they require special attention from the government every year. A big effort is being made to resolve all these problems though this aim is still far to be achieved.

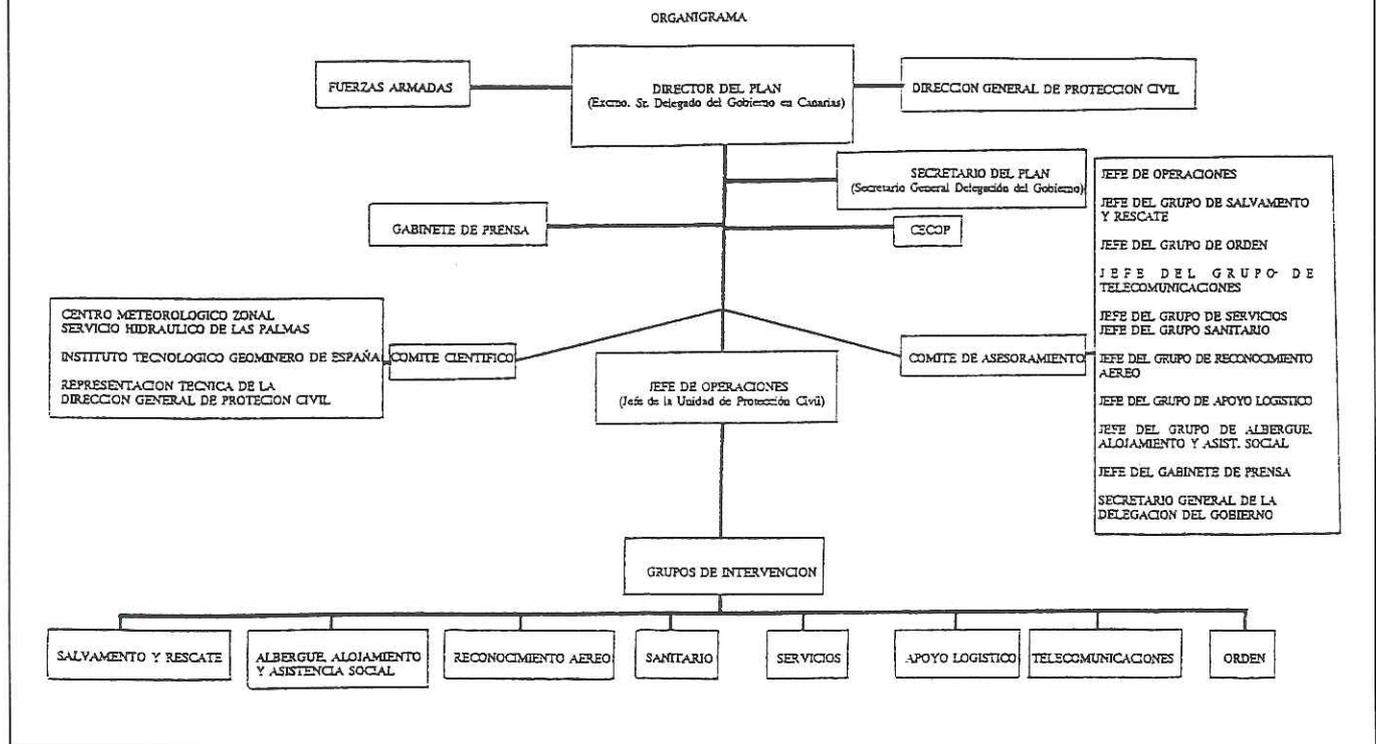
A la benignidad del clima y a la espectacularidad de los paisajes de las Islas Canarias, que las han consagrado como destino de millares de turistas, principalmente del continente europeo, hay que añadir la baja probabilidad de ocurrencia de accidentes o desastres de origen natural. No sin razón los romanos las denominaron «Insulae Fortunatae», apelativo con el que hoy son mundialmente conocidas.

Sin embargo, este Archipiélago, que forma parte de la Macaronesia junto con los de Azores, Madeira y Cabo Verde, está afectado por una panoplia de riesgos naturales suficientemente amplia que, si bien su materialización es en muchos casos remotamente probable y no se tiene memoria histórica de ningún suceso de origen natural que pudiera ser catalogado como catastrófico, tienen suficiente importancia para que la sociedad y las instituciones los tengan presentes y estén preparadas para afrontarlos y mitigar sus posibles efectos. Además, muchos de estos fe-

nómenos se ven agravados por la limitada extensión del territorio insular y por la fuerte presión humana a la que está sometido.

Aunque el origen volcánico de estas islas y su posición en el margen oriental del Atlántico Medio, entre los paralelos 27 y 30 al norte del Ecuador, a tan sólo cien kilómetros de la costa del continente africano, condicionan las características del medio físico de las Canarias, existe una gran heterogeneidad en el conjunto del Archipiélago propiciada sobre todo por la diferente orografía, superficie y distancia al continente. Mientras que Fuerteventura y Lanzarote, las más próximas a Africa, apenas alcanzan altitudes de 671 y 807 metros, respectivamente, Tenerife culmina en el pico de El Teide con 3.717 metros, en La Palma se alcanzan los 2.423 metros, en Gran Canaria los 1.950, en El Hierro los 1.501 y en La Gomera los 1.487 metros. Estos relieves destacan aún más si se consideran las profundidades que las rodean, con batimetrías que llegan a los 3.000 me-

PLAN DE EMERGENCIA
POR INUNDACIONES PRODUCIDAS POR LLUVIAS TORRENCIALES O PERSISTENTES



Organigrama de un Plan de Emergencia de Protección Civil.

tros. Así, las islas son el resultado de la emergencia desde el fondo abisal a la superficie, de una pequeña parte de edificios pseudocónicos que en el caso de Tenerife tiene una altura de casi 7.000 metros.

A estas características del medio físico hay que añadir el también desigual reparto de la población. Canarias cuenta con 1.493.784 habitantes censados (1991) a los que hay que añadir una población flotante superior a los 300.000. Teniendo en cuenta la relativamente exigua superficie con la que cuenta el Archipiélago (7.446,62 Km²), la densidad demográfica es alta, más de 200 habitantes por Km², dato que contrasta con el correspondiente para el conjunto del Estado, unos 75 habitantes por Km². Pero lo más notorio es que si en Fuerteventura o en El Hierro la densidad es de 22 y 27 habitantes por Km², en Gran Canaria se alcanzan los 427 y en Tenerife los 307, cifras que están muy por encima de las alcanzadas en países con una fuerte presión demográfica como India (223), El Salvador (249) o, citando estados de la Comunidad Económica Europea, la R.F.A. (247) o el R.U. (231). Esta alta concentración humana incide deci-

sivamente en la valoración de cualquier tipo de riesgo ya que aumenta considerablemente tanto la vulnerabilidad del medio, como el valor del bien expuesto (vidas humanas y bienes materiales).

De los riesgos naturales, los de índole geológica son los que mayor incidencia tienen en Canarias. En efecto, el origen volcánico de Canarias condiciona tanto los procesos constructivos del relieve (volcanismo) como los destructivos (procesos gravitacionales, erosión, sedimentación, etc.). Sin embargo no son en absoluto despreciables ciertos riesgos climáticos y biológicos.

Merece la pena destacar aquí, la relativa importancia de los riesgos antrópicos, relacionados con la intensa actividad humana y los de origen tecnológico tales como los derivados del considerable transporte marítimo y aéreo, la existencia de una refinería de petróleo prácticamente en el casco urbano de Santa Cruz de Tenerife, centrales térmicas, plantas potabilizadoras, parques de almacenamiento de combustibles, etc.

Dentro de los riesgos geológicos ligados a la geodinámica externa, los temporales ocupan un destacado lugar

en Canarias, entendiéndolos en sentido amplio, con desarrollo de fuertes precipitaciones, vientos que pueden llegar a ser huracanados, olas de gran altura y grandes nevadas en las zonas de cumbres. Aunque este cortejo de efectos meteorológicos adversos no reviste nunca la gravedad de los que se producen al otro lado del Atlántico, en el Caribe, o incluso en la Península, son objeto de una atención especial ya que indefectiblemente cada año, con mayor o menor virulencia se producen en el Archipiélago, ocasionando cuantiosos daños materiales en el sector agrícola, en las localidades costeras, puertos pesqueros, en las carreteras, en los transportes por vía marítima y aérea, naufragios, etc.

«En Canarias no se tiene memoria histórica de ningún suceso de origen natural que pudiera ser catalogado como catastrófico»

La temporada húmeda en Canarias está comprendida entre los meses de octubre y febrero, durante los cuales pueden producirse lluvias de carácter torrencial aunque muy espaciadas en el tiempo, propias de la región subtropical en que se encuentra. Estas precipitaciones van acompañadas con frecuencia de vientos en las zonas cumbreiras que superan los 100 Km/h y en el mar, olas de más de cuatro metros de altura.

De los efectos asociados a los temporales, las inundaciones no serían un fenómeno preocupante en Canarias si no fuera porque desde un tiempo a esta parte en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria (la más populosa) todos los años se producen en determinadas áreas y con ocasión de fuertes precipitaciones. La razón para que esto ocurra está en el llamado «efecto bañera» producido por el trazado de la avenida marítima que discurre paralelamente a la costa a una cota superior a la de desagüe natural de los barrancos y vaguadas, efecto agravado por la urbanización y consiguiente impermeabilización de las cuencas bajas de esta red de drenaje. A agravar esta si-

tuación contribuye además el deficiente diseño del alcantarillado que funciona con carácter unitario, es decir que conduce tanto aguas residuales como pluviales. Las obras para la adecuación de la red de alcantarillado a las necesidades reales de la ciudad han comenzado ya y en un futuro muy próximo es previsible que este problema desaparezca.

De los temporales registrados en los últimos años merece la pena destacar el de los últimos días de noviembre de 1989, que produjo lluvias en Gran Canaria que alcanzaron valores entre 300 y 400 mm en 24 horas en las zonas de cumbres, cifras que superan el valor estimado para un período de retorno de 50 años. El último gran temporal de agua tuvo lugar en los primeros días de diciembre de 1991 durante el cual se superaron en 24 horas los 240 mm en San Bartolomé de Tirajana (Gran Canaria) y los 210 en Breña Baja (La Palma). Los daños originados sólo en la isla de Gran Canaria ascendieron a 3.381 millones de pesetas. De triste recuerdo son las inundaciones que en 1957 produjeron en la isla de La Palma

32 muertos o desaparecidos (500 mm en 24 horas). La más reciente de estas desgracias se registró en El Hierro donde en 1988 murieron tres personas al ser arrastrados por las aguas de un barranco que se había llevado un puente.

Estos temporales producen también sus efectos sobre el mar y zonas costeras, suponiendo un grave riesgo para la navegación y las actividades pesqueras y deportivas. Debido al tránsito marítimo tan elevado, el riesgo de que se produzca un naufragio o cualquier otro accidente marítimo como abordajes, corrimientos de carga, etc., se incrementa enormemente. Además de las pérdidas en vidas humanas y materiales, se pueden producir derrames de crudos, combustibles, aceites o sustancias químicas transportadas cuyos daños son difícilmente previsibles.

El relativamente rápido proceso constructivo de estas islas (unos 35 millones de años) ha originado relieves muy acusados, los cuales han sido afectados por una intensa erosión durante dilatados períodos de inactividad efusiva, que dista mucho aún de conseguir establecer una situación de equi-



Estabilización de un cantil con riesgo de deslizamiento y desprendimientos mediante un espaldón. El Rincón, cerca de Las Palmas de Gran Canaria.

libro morfológico. En consecuencia, un gran porcentaje de la superficie del Archipiélago está ocupada por grandes desniveles y por tanto, potencialmente sometido al riesgo de movimientos gravitacionales: deslizamientos y desprendimientos, fundamentalmente, los cuales se producen prácticamente siempre con ocasión de fuertes lluvias.

En la cabecera del barranco de Tirajana, en la vertiente suroriental de Gran Canaria, se encuentra una serie de depósitos gravitacionales de grandes dimensiones producidos por deslizamientos de distinta edad, entre los que destaca el de La Culata-Agualatente que afectó a una superficie de 7 Km². Sin embargo, el más reciente, se produjo entre los días 16 y 25 de febrero de 1956, en Rosiana, coincidiendo con precipitaciones excepcionales. Este deslizamiento movilizó tres millones de m³, afectó a 329.375 m² y provocó el desalojo de 300 personas. Con anterioridad, en 1879, 1921 y 1923, se habían producido ya deslizamientos en la misma zona, por lo que se trata de un movimiento reactivado.

«Un gran porcentaje de la superficie del Archipiélago está ocupada por grandes desniveles y por tanto, potencialmente sometido al riesgo de movimientos gravitacionales»

En la isla de El Hierro se encuentra una depresión que describe un arco abierto hacia el norte: el Valle del Golfo. Tiene unos 1.500 metros de altitud y paredes casi verticales. Aunque actualmente se encuentra en gran parte cubierto por la acumulación de productos volcánicos, la existencia de materiales brechificados observados tanto en superficie como en el interior de pozos de captación de agua, la peculiar morfología y la batimetría de los fondos próximos, indican que el origen de esta singular forma está en un gigantesco deslizamiento que hace varias decenas de miles de años puso en movimiento entre 200 y 300 Km² de ma-



Valle de El Golfo (El Hierro) cuyo origen está en un gran deslizamiento hacia el mar. Coladas de erupciones posteriores han ganado tierra nuevamente al mar y han cubierto la gran depresión formada.

teriales. Otros deslizamientos como éste, aunque de menores dimensiones, se han producido en esta isla en la zona suroeste y sureste, en las Playas, donde se ubica el parador de turismo.

Sin ser tan espectaculares, se producen con mucha frecuencia deslizamientos en laderas, que arruinan muros de contención, vallados, viviendas, vías de comunicación, etc. Por último, y para remarcar la importancia de estos fenómenos en Canarias es preciso decir que existen otras muchas estructuras morfogénicas cuyo origen está en discusión, no descartándose que en su formación hayan intervenido procesos de este tipo.

En cuanto a los desprendimientos, cualquiera que recorra las islas puede asegurar que se están literalmente desmoronando. Según un reciente estudio del Servicio de Carreteras, la cuarta parte de las carreteras dependientes de este Servicio en Gran Canaria presentan problemas por desprendimientos, aterramientos y cortes por otras causas.

El gran número de zonas de la geografía insular donde el riesgo de desprendimientos es alto, al afectar a viviendas o zonas transitadas, ha llevado a realizar diversos estudios puntuales aunque cada vez se hace más preciso abordar esta problemática de una forma sistemática y global.

Pero es en las costas donde este proceso erosivo se manifiesta con mayor intensidad al ser la dinámica litoral la responsable de la actual morfología costera en la que predominan los acan-

tilados, donde son frecuentes los desplomes y vuelcos, con el consiguiente retroceso de la línea de costa y el peligro para los asentamientos humanos y las obras públicas costeras.

Desde el punto de vista de los riesgos naturales, quizá los derivados de la geodinámica interna y más particularmente el volcanismo, por tratarse de una de las regiones volcánicamente activas del planeta y por la espectacularidad de estos fenómenos, pudieran generar una mayor intranquilidad para unos y fascinación para otros. Sin embargo, no constituye el riesgo que más preocupa por diversas razones.

Aunque en el corto período de 500 años se han producido en el Archipiélago Canario 17 erupciones (la última, del Teneguía en La Palma, en 1971), el tipo de magmas y los mecanismos eruptivos limitan la peligrosidad de estos fenómenos. No se puede descartar, no obstante, que en un futuro indeterminado se produzca una nueva erupción volcánica sobre todo en las islas con erupciones históricas. Merece una especial atención el estratovolcán Teide, en el centro de Tenerife, ya que la altura del edificio y el carácter previsiblemente más explosivo de sus erupciones, elevan los factores de riesgo, aunque la probabilidad de que se materialice una erupción de este tipo sea estadísticamente mucho menor.

Las erupciones volcánicas de Canarias se han saldado con escasos daños si se excluye la destrucción del puerto de Garachico (Tenerife) por la erupción

de Montaña Negra en 1706 y las erupciones fisurales de Timanfaya (Lanzarote) entre 1730 y 1736 que supusieron la evacuación de gran parte de la isla. El resto de las erupciones han sido inocuas si se exceptúa la muerte de un pescador por asfixia en la Palma, durante la erupción del Teneguía (1971).

Aunque las Canarias no están situadas en una zona de especial peligrosidad sísmica, la porción de corteza sobre la que se asienta presenta una serie de fracturas, paralelas a las alineaciones volcánicas en la islas, que evidencia la estrecha relación entre el fenómeno sísmico y el volcánico. A estas fracturas se asocian la mayoría de los hipocentros de los terremotos registrados en el Archipiélago.

Si bien la microsismicidad es un fenómeno continuo en Canarias, la aparición de terremotos de intensidad apreciable es más raro. No obstante, desde 1989 hasta la fecha se han sucedido tres terremotos de mediana magnitud, de los cuales dos se han localizado entre las islas de Tenerife y Gran Canaria, muy próximos entre sí (magnitud Richter 5,2 y 4,1, respectivamen-

te) y el otro al suroeste de la isla de El Hierro (magnitud 5,6). Ninguno de estos terremotos ha causado daños.

Al no conocerse terremotos de magnitud superior a 6 en las proximidades del Archipiélago y la no existencia de una plataforma somera en torno a las islas, la aparición de tsunamis es muy remota, quedando relegada casi exclusivamente a una eventual erupción en zonas costeras o un gran deslizamiento como el mencionado en el Valle de El Golfo.

Como consecuencia de los numerosos incendios forestales que las erupciones volcánicas han producido a lo largo de milenios, el pino canario (*Pinus Canarienses*) ha desarrollado una extraordinaria capacidad de rebrotar tras ser quemado. Esta ventaja no evita que hoy día las superficies ocupadas por esta especie estén en un claro retroceso al haberse incrementado enormemente el número de incendios forestales en los últimos años. Se puede asegurar que más del 90 % de estos incendios están originados por la actividad humana, bien por negligencia o intencionadamente.

Los incendios forestales suponen en la actualidad uno de los riesgos más preocupantes en Canarias. Entre 1985 y 1990, ardieron un total de 5.420 hectáreas, lo que representa el 0,73 % de la superficie total del Archipiélago, que en gran parte está deforestado. Recientemente, en 1992, los incendios forestales afectaron a 818 hectáreas en todo el Archipiélago, de las que 674 correspondieron a Gran Canaria (531 de arbolado y 143 de monte bajo), una isla que no se caracteriza precisamente por su riqueza en masa forestal.

En este capítulo hay que destacar el tristemente recordado incendio que se produjo en La Gomera en 1984, en el que perdieron la vida 20 personas, entre las que figuraba el propio Gobernador Civil de Santa Cruz de Tenerife, que dirigió las operaciones.

Entre los riesgos considerados biológicos, merecen citarse las plagas de langostas y las epidemias que pudieron propagarse desde los vecinos países africanos.

La sequedad general del clima canario, condicionado por su latitud, hace que los recursos de agua dulce sean



Aspecto actual del Teneguía, el último volcán que entró en erupción en Canarias (La Palma, 26-10-1971). Después de 25 días de actividad arrojó unos 40 millones de m³ de materiales y cubrió una superficie de unas 310 Ha.

escasos y sobre todo, mal repartidos. No obstante, esta región es menos vulnerable a la sequía que otras del Territorio Nacional por múltiples factores entre los que se pueden mencionar una mayor dependencia de aguas subterráneas (90 %) frente a las superficiales, la permanente situación de escasez y su carestía que hace que la población esté concienciada a un mayor ahorro y por último, el recurso a la potabilización de agua del mar que abastece a gran parte de la población, sobre todo en las islas orientales.

El Archipiélago es también un buen ejemplo del proceso de destrucción natural que en mayor o menor medida afecta a todo el planeta y pone en peligro la conservación de los recursos básicos del territorio (suelo vegetal, acuíferos, recursos marinos, etc.) además de inducir determinados riesgos naturales a corto, medio o largo plazo.

Muchos de estos fenómenos pueden evitarse, o mitigar sus efectos con una adecuada planificación territorial y la intervención de medios ordinarios. Sin embargo, cuando éstos se ven desbordados o la magnitud del suceso lo requiere, es preciso recurrir a la aplicación de medidas y recursos extraordinarios: es ahí donde interviene la Protección Civil.

Ante el cortejo de fenómenos descritos surge la pregunta: ¿Estamos preparados en Canarias para afrontar los efectos de un fenómeno natural que revista consecuencias graves hasta el punto de llegar a ser catastrófico? Lo estaremos en tanto en cuanto se desarrolle el contenido de la Ley 2/1985 de Protección Civil y la recién promulgada Norma Básica de Protección Civil (R.D. 407/1992). Esta última normativa, que dicta los criterios a los que deben atenerse los diferentes Planes de Protección Civil, establece que serán objeto de Planes Especiales, al menos, los riesgos de inundaciones, sismos, incendios forestales y volcánicos.

En España, la Protección Civil está concebida como un servicio público en cuya organización, funcionamiento y ejecución participan las diferentes Administraciones Públicas y los propios ciudadanos. Así, existen tres estamentos, el estatal, el autonómico y el local, cada uno con obligaciones propias en el ámbito territorial que les compete.

La Dirección General de Protección Civil (M.º del Interior) es el órgano directivo de programación y ejecución de las competencias del Estado en

esta materia. Para garantizar este servicio en la Comunidad Autónoma Canaria, como en el resto del territorio nacional, cuenta con sendas Unidades de Protección Civil en la Delegación del Gobierno en Canarias, con sede en Las Palmas de Gran Canaria y en el Gobierno Civil de Santa Cruz de Tenerife, dotadas de personal técnico especializado en riesgos naturales, tecnológicos, autoprotección, telecomunicaciones, informática y apoyo logístico. Además de la elaboración y actualización de los correspondientes planes de emergencia

«Aunque en el corto período de 500 años se han producido en el Archipiélago Canario 17 erupciones, el tipo de magmas y los mecanismos eruptivos limitan la peligrosidad de estos fenómenos»

y del mantenimiento del banco de datos de medios y recursos movilizables, este personal asesora técnicamente las decisiones del mando, cuando éste es ejercido desde la Administración del Estado. Estas Unidades colaboran estrechamente con la Comunidad Autónoma y los diferentes Ayuntamientos, tanto en labores formativas como en actuaciones coordinadas.

Aunque últimamente se están haciendo serios esfuerzos por parte del Gobierno de Canarias, esta Comunidad Autónoma carece hasta el momento de una estructura operativa de Protección Civil, excepto en lo que se refiere a la lucha contra los incendios forestales, la cual está encomendada a la Viceconsejería de Medio Ambiente.

Sin embargo, en Canarias se ha conseguido ya una cierta concienciación entre los ciudadanos en esta materia como lo demuestra el hecho de que sólo en la provincia de Las Palmas exista una veintena de Agrupaciones Locales de Voluntarios, con más de 700 miembros que colaboran activamente con los servicios de intervención. Independientemente de la importancia de otras administraciones, es obvio que la mayoría de los sucesos

afectan por lo general a un solo municipio y es este primer eslabón de la Protección Civil el que se activa y que debe ser potenciado.

Es mucho el trabajo que aún queda por hacer: estudio, valoración y zonificación de los riesgos, elaboración de planes de emergencia mejor adaptados a los supuestos reales que se van a afrontar, determinar las posibles medidas correctoras, paliativas o mitigadoras de los riesgos, mayor capacitación y equipamiento de los servicios de intervención y todo esto, junto a una adecuada formación del ciudadano desde los ciclos iniciales de la enseñanza mediante la inclusión de estos temas en los programas de estudio.

Evidentemente todo esto no es labor de poco tiempo pero es algo que no se puede eludir en las postrimerías del siglo XX, de tal forma que el grado de desarrollo de un país puede valorarse en función de la preparación que éste tenga ante una catástrofe.

Las Palmas de Gran Canaria, agosto de 1993. ■

Bibliografía

- HAUSEN, H. (1970): «Desprendimientos en las Islas Canarias». An. Est. Atlánt., 16, pp. 531-559, Madrid-Las Palmas de Gran Canaria.
- MACHADO-CARRILLO, A. (1989): «Planes de Protección Civil en las Islas Canarias, con especial referencia a las erupciones volcánicas». European Science Foundation. Meeting on Canarian Volcanism. Arrecife, Nov.-Dic., 1989 (Lanzarote).
- CARRACEDO, J. C. (1990): «Volcanismo Activo y Medio Ambiente en Canarias». Curso sobre Legislación y Gestión Ambiental. Las Palmas de G. C., 10 al 20 de diciembre de 1990.
- MEZCUA RODRIGUEZ, J. *et al.* (1990): «Sismotectónica de las Islas Canarias, estudio del terremoto del 9 de mayo de 1989 y su serie de réplicas». Instituto Geográfico Nacional. P.T. n.º 23.
- LOMOSCHITZ, A. y COROMINAS, J. (1992): «Los fenómenos de deslizamiento gravitacional de la depresión de Tirajana (Isla de Gran Canaria)». III Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, La Coruña, 20-23 de octubre de 1992, pp. 183-194.
- FERRERA, J. A. (1992): «Estudios de prevención de desprendimientos en las carreteras de Gran Canaria». III Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, La Coruña, 20-23 de octubre de 1992, pp. 39-51.
- NAVARRO LATORRE, J. M. y SOLER LICERAS, C. (1992): «El agua en El Hierro. Resumen del Avance del Plan Hidrológico». Cabildo Insular de El Hierro y Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias.
- SOLER LICERAS, C. y FLORES DIAZ, M. (1992): «Valle de El Golfo. Deslizamiento conocido mayor del mundo». III Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, La Coruña, 20-23 de octubre de 1992, pp. 161-172.

COMENTARIOS Y ASPECTOS TÉCNICOS DE LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL DE CANTERAS EN LA ISLA DE EL HIERRO



Patricia Amor García de Jalón

Lic. en CC. Geológicas por la UCM. Ha trabajado en ENDESA (Ponferrada) en el Dpto. de Obra Civil en temas medioambientales así como en la isla de El Hierro.



Rosa Díez Criado

Lic. en CC. Geológicas por la UCM. Ha hecho estudios vulcanológicos en las Islas Canarias y medioambientales en Noruega y Suecia.



Isolina Rogel Jorge

Lic. en CC. Geológicas por la UCM. Ha participado en Es.I.A. en la isla de El Hierro y actualmente trabaja en el Dpto. Civil de Empresarios Agrupados.

Este artículo, describe algunas de las características más importantes de la isla referentes al suelo, la flora y el recurso hídrico, afectados por las actividades de extracción.

The paper describes some of the most important characteristics of the island (soils, plants and water resources), affected by the extractive activities.

1.-Introducción

La isla de El Hierro es la más occidental del Archipiélago Canario, alzándose como un gigante

tesco roque de difícil acceso, sin apenas calas ni playas. A pesar de su escasa extensión (287 Km²) alcanza los 1.500 m de altura en las cumbres de El Golfo (fig. 1).

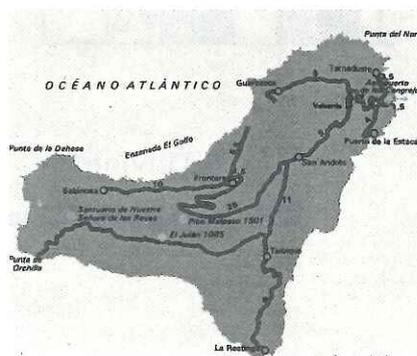
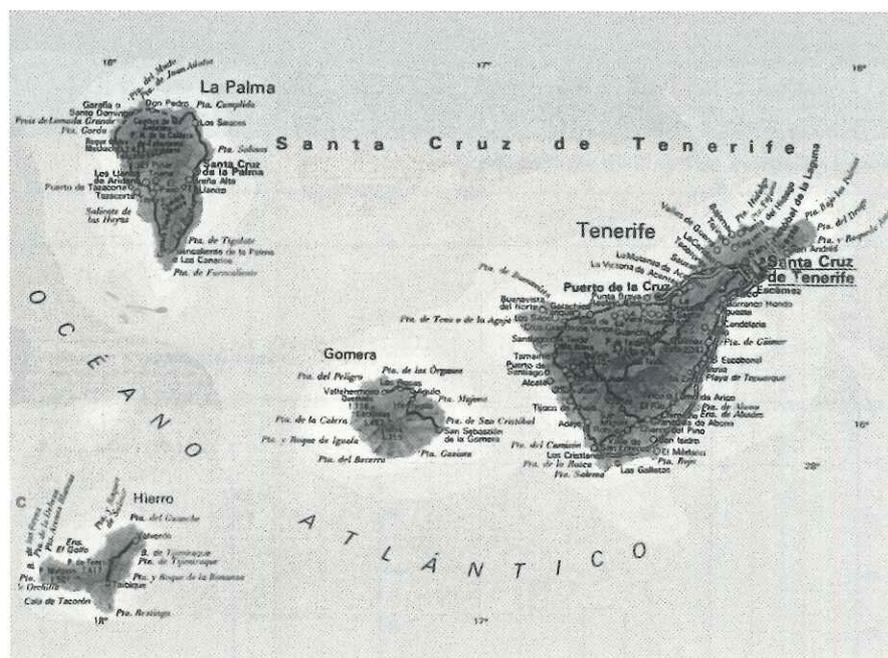


Fig. 1.-Localización geográfica de la isla de El Hierro.

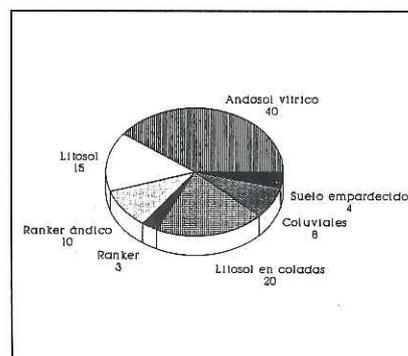


Fig. 2.-Tipos de suelos



Foto 1.-Cantera de lapilli en explotación.

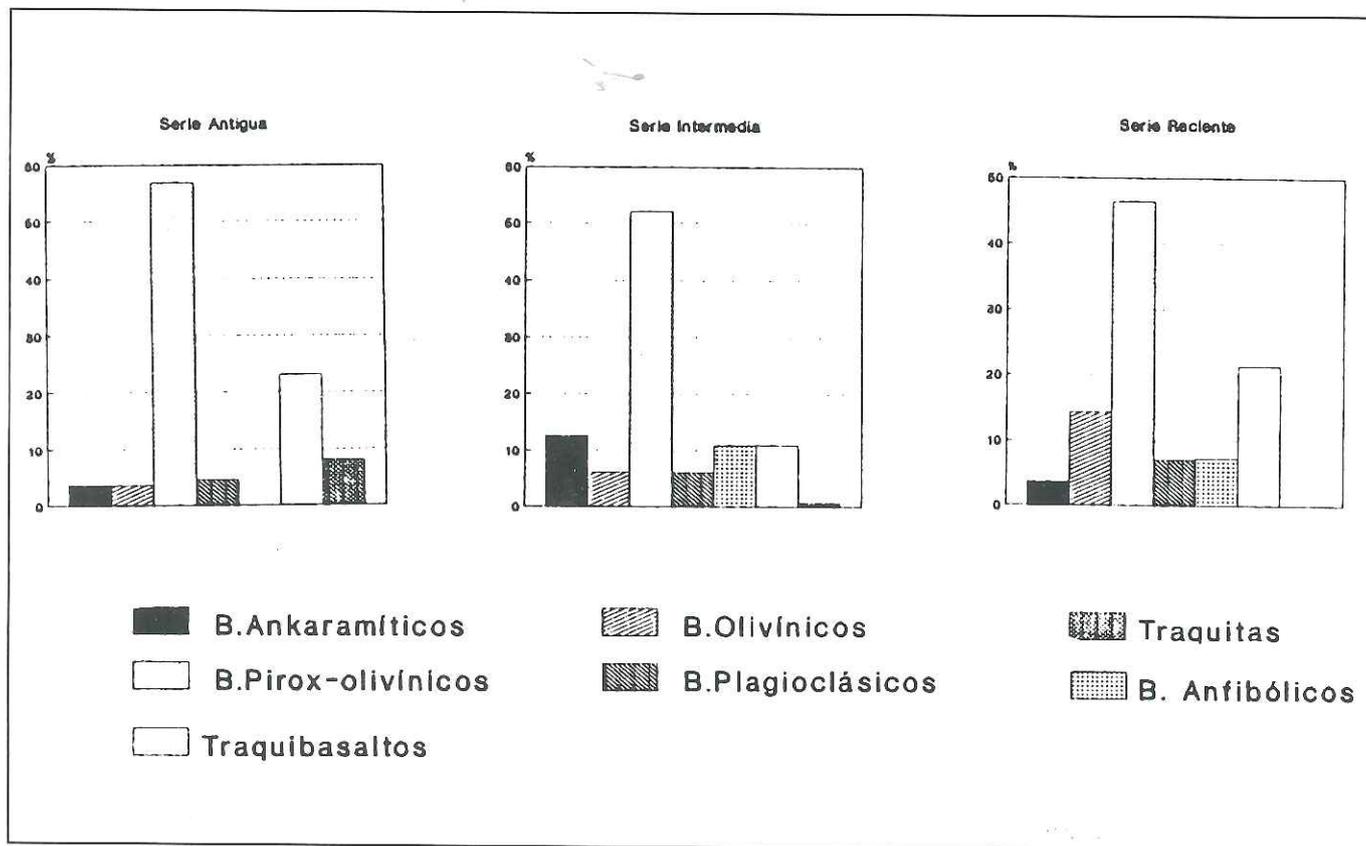


Fig. 3.-Distribución de materiales volcánicos.

El desarrollo de los últimos años ha llevado a la necesidad de obtener áridos para construcción, lo cual ha planteado la explotación de pequeñas canteras, fundamentalmente de carácter familiar, dedicadas a la extracción de material volcánico granular (picón) como pueden ser los materiales de tipo piroclástico como lapilli (foto 1).

El Hierro no cuenta por el momento con un plan insular para el desarrollo de estas explotaciones y, si bien debe realizarse la evaluación de impacto ambiental (EIA) correspondiente al desarrollo de la actividad extractiva y sus consecuencias, ha de controlarse la posible diseminación clandestina de dichas explotaciones.

En la confección de las E.I.A. para la explotación de canteras de este tipo en la isla de El Hierro, es de aplicación la Ley 11/1990, de 13 de julio de Prevención del Impacto Ecológico y el R.D. 1.131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D.L. 1.302/1966, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.

Algunas de las características, a tener en cuenta, más importantes de la isla se describen a continuación, puntualizando los aspectos referentes al suelo, la flora y el recurso hídrico, potencialmente afectados en las actividades de extracción.

2.-El suelo y la geología

El Archipiélago Canario se caracteriza edafológicamente por la formación de suelos poco evolucionados (de perfil AC sin horizonte (B) o con un perfil poco diferenciado de aspecto AC) sobre los materiales volcánicos infrayacentes (fig. 2).

Entre éstos, los que ocupan una mayor extensión superficial son los *andosoles*, bajo los cuales, en su mayor parte, se encuentran los materiales piroclásticos de la serie Intermedia. La variedad encontrada en El Hierro es el andosol vítrico, que se caracteriza por la abundancia de fragmentos de vidrio sin alterar. Esta tendencia provoca que la permeabilidad y porosidad elevada del andosol puro disminuyen fuertemente. A pesar de ello, tienen una gran capacidad de retención de agua, y a su vez un elevado punto de marchitamiento lo cual, unido a la carencia de medios hasta hace pocos años en la isla y a que la erosión no ha labrado aún cortes que

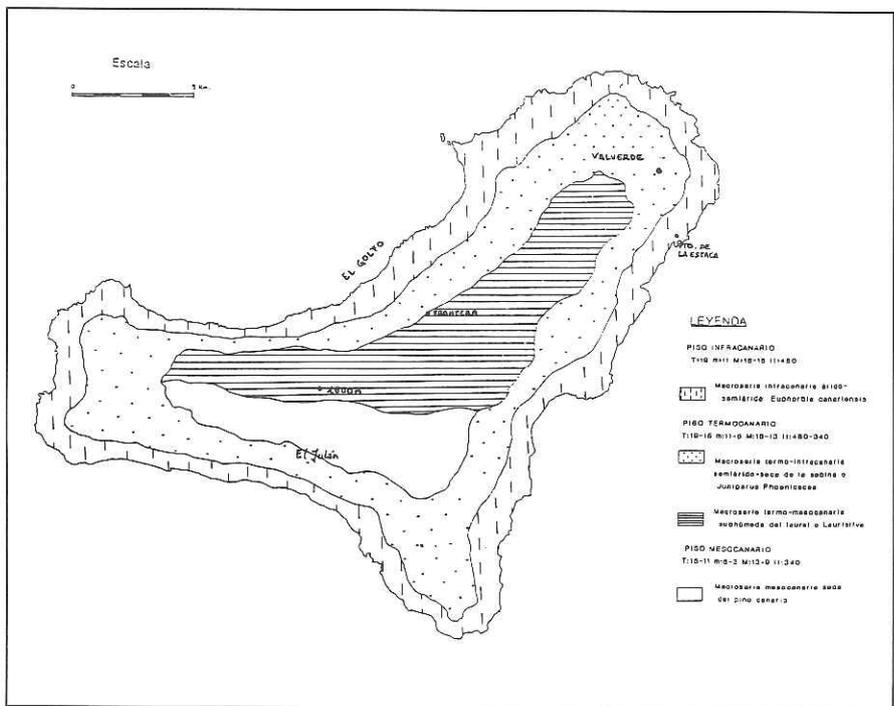


Fig. 4.-Mapa general de distribución de la vegetación en la isla de El Hierro.

alcanzen las capas freáticas, ha provocado un retraso en la búsqueda de aguas subterráneas. Como efecto químico, la alúmina (Al_2O_3) provoca la precipitación de iones fosfatados, lo que origina además una carencia de fósforo.

Les sigue en proporción los *litosoles* o suelos minerales brutos, de perfil AC, formados sobre rocas duras con una débil alteración mineral y de bajo contenido en materia orgánica. Con respecto a esto último, un aumento en la cantidad de materia orgánica en superficie, provocaría un principio de evolución que los asemejaría con los *rankeres* en los que ya se distingue el horizonte B. Estos suelos ya un poco diferenciados, se localizan, al igual que los *litosoles*, sobre los materiales volcánicos de la Serie Reciente, y se caracterizan por ser desaturados y ácidos, con un horizonte humífero AAo fuertemente desarrollado debido a la insolubilización por los hidróxidos de hierro y aluminio procedentes de la rizosfera o de otros horizontes precursores superiores. Su mayor desarrollo es el NW de la isla, coronando el escape de El Golfo como consecuencia de la influencia de los vientos marinos que abaten las zonas de mayor relieve de la isla.

Por último, la presencia de suelos empardecidos y de los suelos coluviales, completan el cuadro edafológico de la isla.

Geológicamente la isla de El Hierro está formada por una sucesión de episodios lávicos entre los que se han podido

distinguir tres ciclos volcánicos sin discontinuidad entre ellos (fig. 3).

- SERIE ANTIGUA.
- SERIE INTERMEDIA.
- SERIE RECIENTE.

a) Serie antigua

Aflora en el anfiteatro del Golfo, al N de la isla y al SE en las playas y en acantilados como la Bahía de los Reyes.

Está constituida por materiales basálticos en una sucesión tabular de coladas superpuestas y subhorizontales de espesores variables, alternando con niveles de piroclastos y escorias. El final de la serie está marcado por algunos episodios traquíticos.

Petrográficamente, estos basaltos son en su mayoría de composición piroxénico-olivínica. Otros tipos, aunque menos frecuentes, son los basaltos ankaramíticos, olivínicos y plagioclásicos. Una característica es la ausencia de los basaltos anfibólicos que aparecen en las otras dos series.

Estos materiales han sido intruidos por unos sistemas de diques que bien los atraviesan totalmente o se extienden entre las coladas como diques capa. También localmente, se localizan depósitos de origen freatomagmático, donde se dan estructuras pseudosedimentarias con perfecta estratificación gradacional.



Foto 2.—El sabinar se desarrolla en la zona de la Dehesa donde se dan formas retorcidas debido a la acción de los vientos.

b) Serie intermedia

Es la serie que ocupa mayor extensión superficial. En ella, pueden distinguirse episodios separados en el tiempo (Pellicer, 1977).

– *Serie intermedia A*: La más antigua, con muy poca extensión superficial pues aflora únicamente al NE de la isla y en algunos puntos de El Julan.. Sus centros de emisión están fuertemente erosionados y los materiales que los forman son en su mayoría productos piroclásticos (lapilli) encalichados.

– *Serie intermedia B*: Más moderna que la anterior, ocupa más de la mitad de la totalidad de la isla y está formada por productos piroclásticos y escorias que no están encalichados. Sus conos, aunque algo erosionados, conservan su morfología inicial.

Por último, hay sólo un episodio final de traquitas, en las que se han encontrado restos vegetales que han permitido realizar dataciones de edades (límite con la Serie Reciente: 4.000 m.a.) y de las temperaturas de carbonización.

c) Serie reciente

Está formada por coladas subhistóricas adaptadas al relieve preexistente, que apenas han sido afectadas por la erosión.

La finalidad de las extracciones de material volcánico es fundamentalmente la obtención de picón que, tamizado y seleccionado a la fracción necesaria o bien triturado, se utiliza como

árido para la construcción. La calidad de estos áridos no es demasiado buena, debido principalmente a su alta porosidad y por tanto escasa densidad, si bien son muy apreciados para la realización de los elementos ornamentales aplicados a todo tipo de construcciones. A pesar de la calidad, se trata del único recurso que posee la isla para la obtención de dichos áridos, ya que otro tipo de material necesitaría importarse de otros lugares, encareciéndose por ello.

3.—La flora y la fauna

La fauna de la isla se caracteriza por la ausencia de grandes vertebrados y especies dañinas. Pequeños reptiles y aves conviven en ella. Entre los reptiles ocupa un lugar especial el lagarto gigante, de características más antiguas que el lagarto común y el Perenquén. Otros invertebrados menores dan paso a la rica avifauna, entre las de gran porte destaca sobremanera el guincho, como se conoce en las islas el águila pescadora, además del guirre.

Por otra parte en cuanto a la flora, como consecuencia del clima árido y del tipo de suelo, la vegetación natural es el matorral xerófilo con algunas herbáceas anuales, dependientes de las condiciones termoplumiométricas de cada primavera. En zonas de mayor pendiente se dan formaciones forestales no muy espesas.

El Archipiélago Canario ofrece un especial interés en cuanto a su flora. Este se debe a que las islas albergan unas 1.000 especies estrictamente de

las islas, de las que unas 500 son endémicos, y de ellos, 150 se encuentran únicamente en El Hierro (incluyéndose algunas especies cultivadas), algunos de los cuales estaban ampliamente difundidos en la Era Terciaria, lo cual los hace importantes como vegetales fósiles vivientes. La barrera oceánica y su situación geográfica permitieron que la isla se constituyera en refugio de especies animales y vegetales al no verse afectadas por los cataclismos del Terciario y principios del cuaternario como las glaciaciones y desertización del norte de África. A pesar del alto porcentaje de endemismos, la distribución general en función de la altura por el efecto de los vientos alisios, es común a todas las islas del archipiélago.

De esta manera, las macroseries de la isla se distribuyen de manera concéntrica (fig. 4), coincidiendo con la topografía de la isla. La parte central de la isla, la más alta y coincidente con la banda de influencia del alisio, está dominada por la macroserie termomesocanaria subhúmeda del laurel o laurisitiva constituyendo un invernadero natural que favorece el desarrollo de numerosas especies.

En alturas intermedias se desarrollan las macroseries termo-infracanaria y mesocanaria. La primera, que se extiende hasta los 600 m, se caracteriza por la presencia de la *Sabina* (*Juniperus Phoenicea*) especie endémica milenaria de El Hierro (foto 2) y del que quedan pocos ejemplares, debido a que la gran pendiente del terreno facilitó la erosión edáfica de manera que las tierras de cultivo fueron ascendiendo a costa del bosque, y en zonas superiores se mantuvo una actividad ganadera. El *Pino canario* (*Pinus Canariensis*) es el que predomina en la segunda macroserie mencionada, extendiéndose en la parte SO de los escarpes centrales y por tanto protegido de la influencia del alisio. Su peculiar localización le ha permitido aclimatarse a la sequía y a los vientos.

Por último, se desarrolla la macroserie infracanaria árido-semiárida, que bordea todo el contorno de la isla, existiendo una gran diferencia de especies vegetales entre la parte septentrional y meridional. La zona Norte de la isla se ha convertido en el centro económico debido a sus cultivos agrícolas (viñedos y frutales —plátano, aguacate y piña—); mientras que en el Sur, mucho más pobre (foto 3), se desarrolla una vegetación degradada en las que las es-

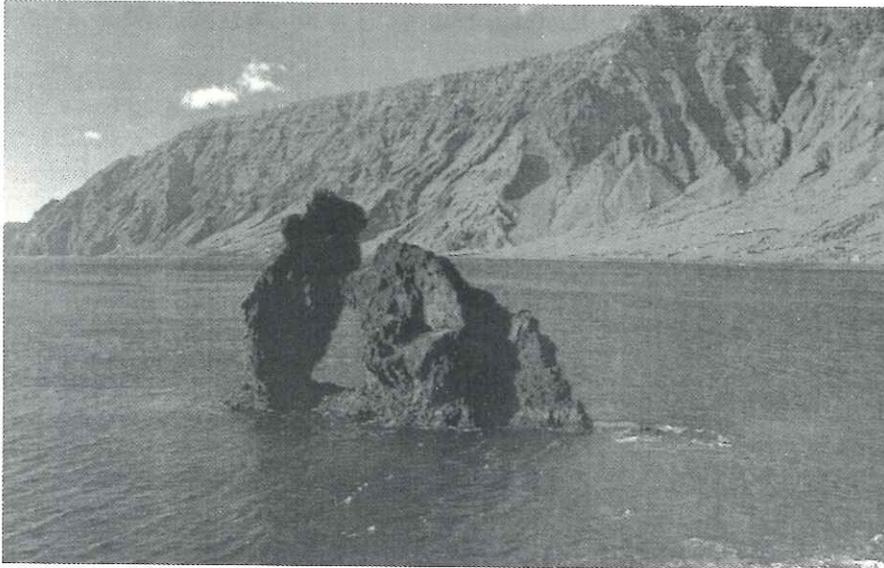


Foto 3.—Roque de La Bonanza, al sur de la isla, demuestra la aridez del paisaje y la pobreza en la vegetación.

pecies más significativas son: el **cerri-
llo** (*Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf.), que
caracteriza un paisaje de pastizal ocre,
el **tomillo de burro** (*Micromeria hys-
sopifolia* var. *hyssofolia* Webb &
Berth.), **ajinajo o tajinaste** (*Echium
aculeatum* Poir.), la **vinagrera** (*Rumex
lunaria* L.) que puede sobrevivir en ris-
cos difícilmente accesibles y puede ser
cultivada en campos como producto
alimenticio para el ganado, la **tabaiba
amarga** (*Euphorbia obtusifolia* Poir.)
que en la isla puede llegar a alcanzar
tamaños subarboriformes, el **cornical**
(*Periploca laevigata* Ait.), el **verol**
(*Kleinia neriifolia* Haw.), **nevadilla o
pata de conejo** (*Polycarpha divari-
cata* (Ait.) Poir.) y **verode** (*Aeonium*
cf. *valverdense* (Praeger), protegido
por el anexo II de la Orden, de 20 de fe-
brero de 1991, sobre protección de es-
pecies de la flora vascular silvestre de la
Comunidad autónoma de Canarias, de
la Consejería de Política Territorial del
Gobierno de Canarias (se declara prote-
gida en lo que concierne a su arranque,
recogida, corta, destrucción deliberada,
alteración, comercialización, tanto de
las plantas enteras como de parte de
ellas —se incluyen las semillas—, que-
dando sometida cualquiera de estas ac-
tividades a previa autorización de la Di-
rección General de Medio Ambiente y
Conservación de la Naturaleza).

4.—El agua

A la hora de analizar los recursos
hídricos de la isla de El Hierro hay que
tener en cuenta que el único tipo de

aguas superficiales que pueden encon-
trarse en la isla es el de escorrería. La
ausencia de cauces y de drenajes per-
manentes importantes es debida a la
naturaleza de los materiales sobre los
que discurren. Al tener estos una gran
porosidad, provocan la percolación del
agua a través de los mismos, pudiendo
desembocar en canales subterráneos
originados al encontrarse con un nivel
impermeable (aguas basales). También
se ha hablado de la existencia de acuí-
feros hidrobasales relacionados con di-
ques o almágres, si bien esto depende
de la serie volcánica en que estén en-
globados los materiales.

La mayoría de las aguas de esco-
rrentía van a parar al mar, y sólo una
parte queda retenida en las presas y es-
tanques existentes.

E. Fernández en su artículo «Las
aguas subterráneas de la isla de El
Hierro», establece que los recursos
hídricos destinados al abastecimien-
to de la población y a la agricultura,
en la isla de El Hierro, se basan fun-
damentalmente en la explotación de
las aguas basales (por escasez de las
aguas subterráneas de capas o di-
ques) y en el aprovechamiento de na-
cientes; aunque ya desde antiguo, se
utiliza como método de captación de
agua la condensación de las nubes
que traen los alisios en el follaje de
los árboles.

Existen dos nacientes principales
situados, uno en la región de Valverde
al NE de la isla y otro al NW, en la zo-
na de Frontera, ambos en cotas de 620
m y 1.300 m sobre el nivel del mar,
respectivamente.

Las aguas basales además se en-
cuentran con frecuencia con problemas
de intrusión marina.

5.—Clima

La isla del Hierro está situada muy
cerca del Trópico de Cáncer, por lo que
su clima se clasificaría como subtropi-
cal y marítimo. Sin embargo, hay una
serie de factores originados por la lati-
tud, altitud y exposición que modifican
el clima general de isla. Estos factores
son las corrientes atmosféricas, las co-
rrientes marinas y el influjo del relieve.

El primero viene definido por la
acción de dos corrientes atmosféricas:
los alisios del NE que circulan por ni-
veles bajos y en contacto con la super-
ficie oceánica, y los vientos cálidos y
secos procedentes del Sáhara.

El segundo se caracteriza por la
influencia de una corriente marina fría
que provoca importantes diferencias
entre la temperatura del aire y del mar.

Con respecto al relieve, éste influ-
ye tanto en la vertical como en la hori-
zontal causando una gran diferencia de
precipitaciones entre el litoral y las zo-
nas de cotas altas.

6.—Condicionantes medioambientales

Las alteraciones producidas por
las explotaciones de lapilli deben estar
bajo estricto control; especialmente
cuando están situadas en las inmedia-
ciones de poblaciones, con el fin de re-
ducir el impacto sobre el medio. Las
alteraciones más comunes son las rela-
cionadas con las emisiones de polvo, el
ruido y las modificaciones edafológi-
cas, en la cubierta vegetal y relaciona-
das con la fauna. Con el fin de corregir
estas posibles alteraciones se deberían
prever medidas correctoras y adecuar
la explotación para evitar el deterioro
de la flora y la perturbación turística,
definiéndose los perjuicios a especies
protegidas de acuerdo con el Convenio
de Berna. Especial interés tendría la re-
cogida de sustancias contaminantes co-
mo aceites, propias de las maquinarias
utilizadas cuyo vertido está estricta-
mente prohibido. Además debería de-
finirse exhaustivamente la ejecución
de un Plan de Restauración y de Se-
guimiento y control de manera que el
sistema de explotación y restauración
fuera progresivo y sincrónico. ■

NORMAS EDITORIALES PARA «TIERRA Y TECNOLOGIA»

- La **temática de los artículos** deberá estar relacionada, en cuanto a contenido, con las Ciencias y Tecnologías de la Tierra, en el sentido amplio de la palabra; considerando incluibles campos como las Ciencias Medioambientales, la Ordenación del Territorio, la Informática aplicada, la Teledetección, etc. Así mismo, serían aceptables todas aquellas contribuciones de temática no específicamente geológica, pero que incorporen elementos propios de la Geología o cuyo desarrollo pueda aportar conocimientos de interés para ésta, tales como la Arqueología, la Ecología, la conservación del medio ambiente y del patrimonio natural, histórico y artístico, la Ingeniería Civil, etc. Igualmente, sería posible la incorporación de artículos de carácter histórico, geográfico, humanístico, etc., de aplicación no eminentemente práctica, pero que puedan suscitar interés entre el colectivo de geólogos y otros profesionales con los que mantenemos estrechas relaciones.

- La **extensión** no será superior, siempre que sea posible, a 8 hojas DIN A-4 mecanografiadas a doble espacio por una sola cara (equivalente a unas 3.500 palabras) y enumeradas correlativamente. Debe incluirse un breve curriculum del autor o autores, indicando además: nombre y dos apellidos, titulación, empresa u organismo que representa (cuando no se haga a título particular) y cargo desempeñado.

- Se incluirá, con el artículo, un breve **resumen** del contenido del mismo en un máximo de 10 líneas en castellano e inglés, si es posible.

- Se seleccionarán unos **4 párrafos entresacados** del texto, que resaltarán los aspectos más significativos del artículo adjuntándolos en una hoja aparte y numerados por orden.

- Las **figuras** ilustrativas del contenido del artículo (fotografías, gráficos, esquemas, mapas, etc.) se entregarán preferiblemente en forma de diapositiva o como copia de papel lo más nítido posible, evitando una coloración en base a lápices de colores. Las ilustraciones irán numeradas por orden y con su correspondiente texto explicativo. Igualmente en el texto de éste se indicará la figura o gráfico que corresponda.

- El artículo deberá ser **inédito**, es decir, no haber sido publicado en España o en el extranjero, excepto en aquellos casos que así se acuerde.

- Es conveniente que se facilite un índice previo del artículo a elaborar, con el fin de conocer el contenido y así poder evaluar el interés del mismo para su publicación. El trabajo definitivo deberá contar con la **aprobación del Comité Editorial** de la Revista, trámite imprescindible para su publicación.

- Los artículos se entregarán en **copia de papel** y, siempre que sea posible, en **diskette**.



TIERRA Y TECNOLOGIA

BOLETIN DE SUSCRIPCION

REMITIR A: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos
Avda. Reina Victoria, 8-4.º B
28003 MADRID
Tel.: 91-5532403
Fax: 91-5330343

SUSCRIPCION, UN AÑO 2.500 PTS.: 4 NUMEROS

Don/Doña	Empresa
Actividad	CIF o DNI
Calle	Tel.
Población	Fax
Provincia	C. P.

Formas de Pago:

Cheque bancario adjunto n.º

Giro Postal n.º

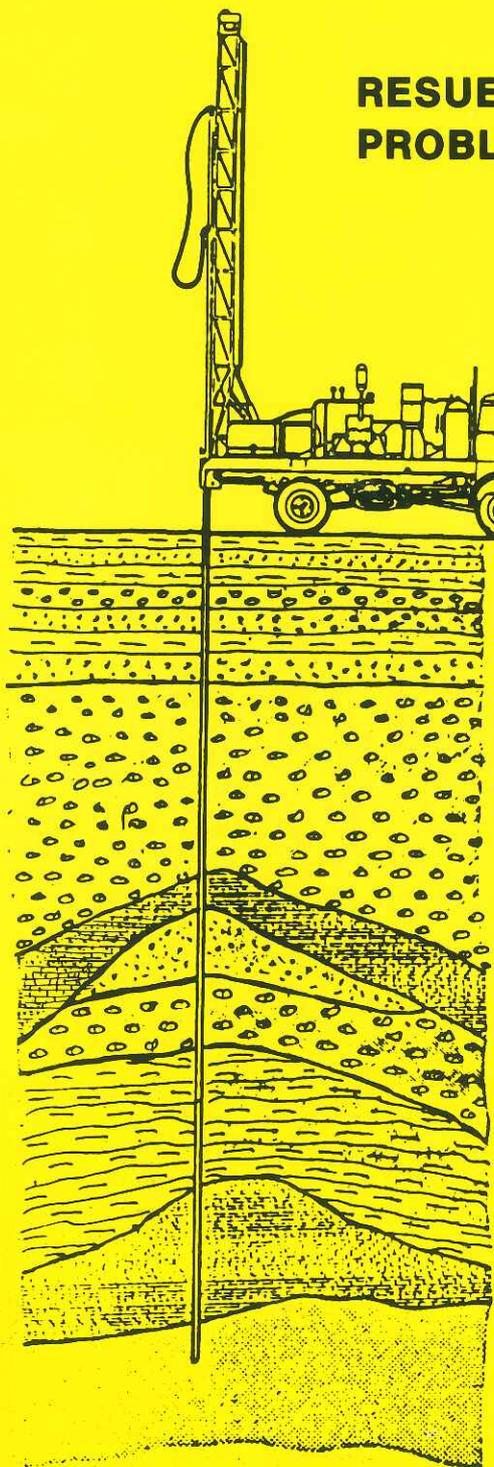
CONFORME
(Firma y sello de la empresa)

IBERICA DE SONDEOS, S.A.

al servicio de la perforacion desde 1954

RESUELVE CUALQUIER PROBLEMA DE PERFORACION

- MINERIA
- GEOTECNIA
- ALUMBRAMIENTO DE AGUA
- ESTRATIGRAFICOS
- GEOTERMIA
- EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES
- ESPECIALES, ETC.



- Personal altamente experimentado
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Medición de inclinación orientada.
- RotoperCUSión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación verticales o inclinados.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc.

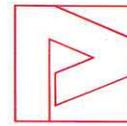
DOMICILIO SOCIAL: López de Hoyos, 13, 1°.

MADRID-28006. Telf. 91-261 08 07*.

Télex 45877 ISON-E. Fax 91-261 88 94

PARQUE, TALLERES y ALMACEN: Ctra. de Toledo,
km 16,800. Pol. Ind. Acedinos FUENLABRADA
(Madrid) Telf. 690.15.35-690.93.12 Fax. 91-690.93.12

TARJETA VISA GEOLOGO



BANCO
POPULAR
ESPAÑOL



¡Solicite su tarjeta!



LLENAS DE VENTAJAS

- *Identificativa del colectivo de geólogos.
- *Seguros especiales de hasta 100 millones de Ptas.
- *Descuentos en cadenas hoteleras y de alquiler de coches.
- *Responsabilidad limitada por uso indebido.
- *Rápida reposición en caso de pérdida o robo.
- *Sin cobro de emisión durante el primer año.



BANCO DE
ANDALUCIA



BANCO DE
CASTILLA



BANCO DE
CREDITO BALEAR



BANCO DE
GALICIA



BANCO DE
VASCONIA

SOLICITELAS EN LAS SUCURSALES DEL GRUPO BANCO POPULAR

Recorte y envíe este cupón para solicitar la VISA GEOLOGO, (para Vd. o para su cónyuge), o para solicitar información de la "CUENTA GEOLOGO" a la DIRECCION COMERCIAL DEL GRUPO BANCO POPULAR. Apartado de Correos 53 F.D. 28080 MADRID. Si lo prefiere envíe copia por fax al 91-576 36 64.

✂-----

Nombre Primer apellido Segundo apellido

Fecha de nacimiento Estado civil C S V D/S N.º hijos D.N.I. N.º Colegiado

Domicilio particular (calle o plaza) N.º C.P. Localidad

Lugar de trabajo (empresa, consultoría, universidad, etc.)

Domicilio del lugar de trabajo (calle o plaza) N.º C.P. Localidad

Teléfono de contacto Horas de llamada: Mañana. De a h. Tarde. De a h.

¿Cliente del Grupo SI BANCO SUCURSAL N.º CUENTA

Banco Popular Español? NO

Deseo información de la cuenta GEOLOGO Deseo información de la VISA GEOLOGO Deseo información del PLAN DE PENSIONES DEL COLEGIO DE GEOLOGOS