

lanzarote

GUÍA / GUIDE
(español/english)

CASA de los VOLCANES - JAMEOS del AGUA

TUNEL del VOLCAN LA CORONA - CUEVA DE LOS VERDES



Editor Científico: V. Araña (C.S.I.C.)



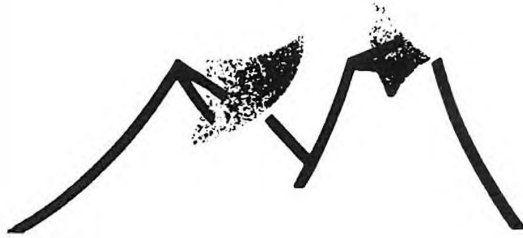
SERIE CASA DE LOS VOLCANES
Cabildo de Lanzarote

Serie Casa de Los Volcanes n° 6

LANZAROTE
GUÍA/*GUIDE* (español/*english*)

CASA DE LOS VOLCANES - JAMEOS DEL AGUA
TÚNEL DEL VOLCÁN LA CORONA - CUEVA DE LOS VERDES

Editor Científico: Vicente Araña



Servicio de Publicaciones
Cabildo de Lanzarote

PRÓLOGO / PROLOGUE

Prologar este volumen, que hace el nº 6 ya, de la Serie "Casa de los Volcanes", produce una especial satisfacción.

Cumplimos con esta Guía la voluntad de ofrecer a los visitantes de la "Red de Centros de Arte, Cultura y Turismo" del Cabildo de Lanzarote una información documentada y amena sobre el patrimonio paisajístico cultural y científico de nuestra isla. En este caso, a la sencilla, pero precisa Guía Volcanológica de Lanzarote, se une la explicación detallada de dos de los Centros más visitados: Jameos del Agua/Casa de Los Volcanes y Cueva de Los Verdes.

Por otra parte, el X Aniversario de la creación de la Casa de Los Volcanes es una ocasión que el Cabildo de Lanzarote no ha querido dejar pasar sin manifestar su reconocimiento al Dpto. de Volcanología y al Ito. de Astronomía y Geodesia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas por su generosa dedicación a este Centro y a la persona del Prof. Vicente Araña (Director Científico del mismo), garantizando su rigor científico, manteniendo la Estación Geodinámica y dirigiendo actividades como las ediciones de esta Serie Casa de Los Volcanes o el Curso Internacional de Volcanología. Esta tarea, cuyo prestigio es ampliamente reconocido, nos enorgullece y hace que nuestra isla ocupe un destacado lugar en las aportaciones científicas al estudio y difusión del Volcanismo.

It gives me a great pleasure to be writing the prologue for this book, number 6 in the "Casa de los Volcanes" series. With this Guide we aim to offer visitors to the "Network of Art, Culture and Tourism Centres" of the Cabildo de Lanzarote, well documented and readable information about the landscape and the cultural and scientific heritage of Lanzarote. In this case, along with the simple, yet accurate "Volcanological Guide of Lanzarote" there is a detailed description of two of the most visited Centres: Jameos del Agua/Casa de los Volcanes and Cueva de los Verdes.

The Cabildo de Lanzarote has seen this, the 10th Anniversary of the Casa de los Volcanes, to be a perfect moment to express its gratitude to the Volcanology Dept. and the Institute of Astronomy and Geodesy of the Superior Council of Scientific Research of Spain (CSIC) for its generous support of this centre and to Prof. Vicente Araña (Scientific Director of the Centre), guaranteeing its scientific accuracy, maintaining the Geodynamic Station and directing activities such as this "Casa de los Volcanes" series or the International Volcanology Course. These activities, the prestige of which is widely recognised, give the island an important place in the scientific study of Volcanism worldwide.

Enrique Pérez Parrilla
Presidente del Cabildo de Lanzarote

PRESENTACIÓN / PRESENTATION

La primera parte de esta Guía la dedicaremos a recorrer la **Casa de Los Volcanes (C.V.)**, situada en las instalaciones de Jameos del Agua, perteneciente a la "**Red de Centros de Arte, Cultura y Turismo**" del **Cabildo de Lanzarote**. La C.V. tiene por objeto la difusión cultural y didáctica, así como la promoción científica en el campo de la Volcanología y de las Ciencias del Medio Ambiente. Este campo no es restrictivo, ya que abarca todo el ecosistema volcánico-insular que condiciona la vida, la economía y las relaciones sociales de todo el archipiélago Canario y particularmente de la isla de Lanzarote.

La visita guiada a la Casa de Los Volcanes nos permitirá desarrollar, aunque sea muy someramente, algunos aspectos de la Volcanología, que pueden ser de utilidad a los profanos en el tema para mejor interpretar el paisaje volcánico. En particular trataremos la **Tectónica de Placas**, la **Dinámica Eruptiva**, las **Rocas Volcánicas** y la **Vigilancia de Volcanes**. Dedicaremos también un espacio a los volcanes de otras regiones y, por supuesto, a las **Islas Canarias**.

La **Guía Volcanológica de Lanzarote** ocupa la segunda parte del libro, y también servirá de pretexto para explicar algunos procesos eruptivos que aquí se manifiestan con gran claridad y belleza. En particular nos extenderemos en la **Formación de Conos y Coladas**.

Finalmente, la tercera parte es una guía explicativa de la formación y características de los **Túneles Volcánicos** y en concreto del tramo visitable (**Cueva de los Verdes-Jameos del Agua**) de uno de los túneles volcánicos más espectaculares del planeta: el del Volcán de La Corona.

The first part of this guide describes the Casa de los Volcanes (C.V.), which is situated in Jameos del Agua and is part of the "Network of Art, Culture and Tourism Centres" of the Lanzarote Local Government (Cabildo). The C.V. is designed to promote a wider knowledge of Volcanology and Environmental Science; both of which related to the volcanic-insular ecosystem of the Canary Islands which, in turn, affects the life, economy and society of the whole archipelago, and especially Lanzarote.

This guided tour of the C.V. will enable us to briefly explain some aspects of Volcanology, which may be of use in better interpreting the volcanic landscape. In particular, we will look at Tectonic Plates, Eruptive Dynamics, Volcanic Rocks and Volcano Surveillance. We will also discuss some volcanoes from other regions and, of course, the Canary Islands.

The second part of the book is taken up by the Volcanological Guide of Lanzarote which explains some eruptive processes that can be clearly seen on the island. In particular, we will deal with the Formation of Cinder Cones and Lava Flows.

Finally, the third part of the book is a guide to the formation and characterization of Lava Tubes, especially the stretch which can be visited at Cueva de los Verdes-Jameos del Agua, of one of the most spectacular lava tubes in the world: that of Volcán de la Corona.

Vicente Araña

Director Científico de la Casa de Los Volcanes del Cabildo de Lanzarote

Jefe del Dpto. de Volcanología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC

Coordinador de la Red de Investigación Volcanológica del CSIC

AUTORES / AUTHORS

HAN COLABORADO EN ESTE VOLÚMEN
CON SU AMISTAD, TRABAJO, IDEAS Y FOTOGRAFÍAS

*THE FOLLOWING PEOPLE HAVE PARTICIPATED IN THE PREPARATION OF THIS
BOOK WITH THEIR FRIENDSHIP, WORK, IDEAS AND PHOTOGRAPHS*

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - Departamento de Volcanología, Museo Nal. Ciencias Naturales

Vicente Araña
Ramón Ortiz
Alicia García
Alicia Felpeto
Mar Astiz
Carmen Sendra
José Arroyo
Vicente Calleja
Juan R. Elvira
Matthew Harffy

- Ito. Astronomía y Geodesia CSIC/UCM

Ricardo Vieira

CABILDO DE LANZAROTE

- Casa de Los Volcanes. Consejería de Educación y Cultura

Joaquín Naverán
Ana Carrasco
Orlando Hernández
Lorenzo Duarte
Domingo Ortega
Nieves Morales
José M. Barreto
Carlos Sotillo

Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias

Luis Pascual

ÍNDICE / CONTENTS

Prólogo / *Prologue*

Presentación / *Presentation*

I.- LA CASA DE LOS VOLCANES /

- Situación / *Site* 8
- Introducción Geológica-Tectónica de Placas / *Geology-Plate Tectonics* . . 12
- Dinámica Eruptiva / *Eruptive Dynamics* 18
- Rocas Volcánicas / *Volcanic Rocks* 26
- Volcanología / *Volcanology* 30
- Riesgo y Vigilancia de Volcanes / *Volcanic Risk & Surveillance* 32
- Áreas Volcánicas Activas / *Volcanic Active Zones* 36
- Volcanes del Mundo / *Volcanoes of the World* 40
- Islas Canarias / *Canary Islands* 46
- Ecología y Medio Ambiente / *Ecology and Environment* 58
- Servicios y Actividades de la C.V. / *Services and Activities of the C.V.* . 64

II.- GUÍA VOLCANOLÓGICA DE LANZAROTE / LANZAROTE VOLCANOLOGICAL GUIDE

- Historia Geológica de Lanzarote / *Geology of Lanzarote* 68
- Volcanismo Histórico / *Historic Volcanism* 73
- Anomalías Geotérmicas / *Geothermal Anomalies* 76
- Conos Volcánicos / *Cinder Cones* 78
- Coladas Lávicas / *Lava Flows* 88

III.- LA CUEVA DE LOS VERDES / "LOS VERDES" CAVE

- Los Túneles Volcánicos / *Lava Tubes* 100
- El Túnel del Volcán de La Corona / *The Corona Volcano Lava Tube* . . 118

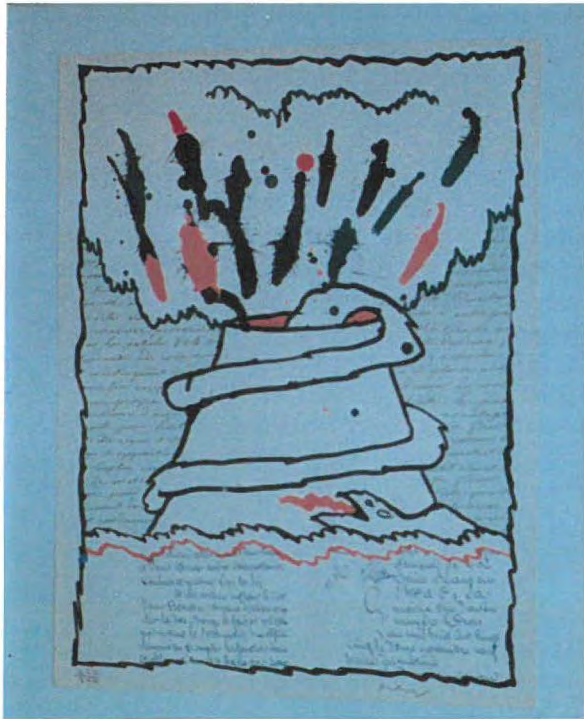
BIBLIOGRAFÍA / *REFERENCES* 124

ÍNDICE DE TÉRMINOS / *INDEX* 126



Litografía de Alechinsky (1927-1992). Sin título (volcán?) →
En el Museo Internacional de Arte Contemporáneo, Castillo de S. José. Arrecife

CASA DE LOS VOLCANES



SITUACIÓN / SITE

La Casa de los Volcanes-Jameos del Agua está situada en el malpaís del volcán de La Corona, en el Norte de Lanzarote.

En su conjunto, el volcán y malpaís de La Corona fue declarado Parque Natural en 1987, de acuerdo con la Ley de Espacios Naturales Protegidos de Canarias. Esta ley, en su modificación, establece para la zona mencionada dos nuevas categorías: Monumento Natural de La Corona y Sitio de Interés Científico de Los Jameos.

La erupción del volcán de La Corona (609 m) ocurrió hace pocos miles de años. Sus lavas configuran un malpaís donde se formaron enormes túneles que desde la base del volcán penetran en el mar. En varios puntos se ha hundido la bóveda de estos túneles, quedando unos grandes agujeros en el terreno, que se conocen con el nombre de **jameos**.

La vegetación, prácticamente uniforme en todo el malpaís, configura una unidad de paisaje que nada tiene que ver con la existente en los terrenos colindantes. Sobre el malpaís se instala una vegetación constituida principalmente por subarbustos suculentos del género Euphorbia. Desde el punto de vista faunístico, el representante más interesante del Parque Natural es el cangrejo ciego (Munidopsis polymorpha). Se trata de una especie que evolucionó hace millones de años hacia una forma endémica adaptada a las condiciones ambientales -especialmente la oscuridad- del tubo volcánico. Puede distinguírsele por su color blanco en el pequeño lago de los Jameos del Agua que comunica con el mar. En cuanto a otras manifestaciones culturales en el Parque Natural, cabe destacar la presencia de asentamientos aborígenes que confirman el establecimiento en la zona de un sector de la población primitiva, dedicada a la actividad pastoril y marisquera.

The Casa de los Volcanes-Jameos del Agua is situated on the lava flows field of La Corona volcano .

The Volcano of La Corona and the area surrounding it were declared a Natural Park in 1987, in accordance with the Law of Protected Natural Areas of the Canaries. This law has since been modified and now the area has been given two new categories: Natural Monument of La Corona and Place of Scientific Interest of Los Jameos.

The Volcano of La Corona (609 m) erupted a few thousands years ago. Its lavas make up a lava flows field where enormous lava tubes have formed which, from the base of the volcano, reach the sea. In some areas the roof of these tunnels has collapsed, leaving great fits in the ground, know as jameos. The flora, which is very similar throughout the flow field, is unlike that of the surrounding areas. The vegetation is mainly made up of bushes of the genus Euphorbia. The most interesting specimen of the fauna of the Natural Park is the blind crab (Munidopsis polymorpha). This species of crab evolved millions of years ago to adapt to the conditions- especially darkness- of the lava tubes. It can be seen in the small lake of the Jameos del Agua which is connected to the sea and can be recognised by its white colouring. Another point of cultural interest in the Park is the presence of indigenous fishing and farming settlements.



Vista del volcán de La Corona y su malpaís.
View of the volcano of La Corona and lava flow fields.



Exterior de la Casa de Los Volcanes.
Outside view of the Casa de Los Volcanes.

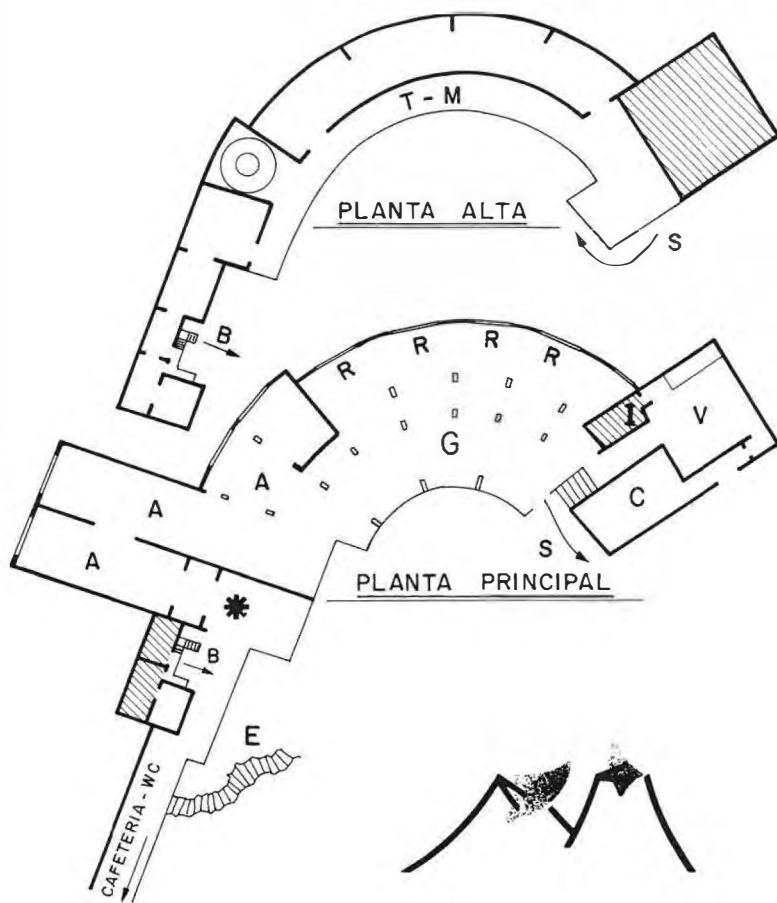
Las instalaciones de La Casa de Los Volcanes (C.V.) ocupan unos 2.500 m², divididas en dos plantas, en la zona alta de Jameos del Agua que pertenece a la "Red de Centros de Arte, Cultura y Turismo" del Cabildo de Lanzarote.

La visita de la C.V. está incluida en la de Jameos del Agua, aunque tiene entradas y horarios independientes para actividades didácticas y científicas. El plano de la derecha nos servirá de referencia para esta Guía, que iniciamos en el punto señalado con un *, al que se accede por una escalera desde el interior del jameo. (Foto debajo).

The Casa de los Volcanes (C.V.) covers an area of 2,500 m², divided into two floors, in the area of Jameos del Agua which belongs to the "Network of Art, Culture and Tourism Centres" of the Cabildo de Lanzarote.

*The tour of the C.V. is included in that of the Jameos del Agua, although they have separated timetables for didactic and scientific activities. The map on the right will be used as a reference in this Guide. The starting point is marked with a *, which is reached by a stair from the interior of the Jameo. (Photo below).*





- E Escalera al Jameo
- * Entrada Planta Principal
- A-A Salas introductorias
- G Galería de Exposiciones Temporales
- R-R Rocas Volcánicas
- V Sala de Volcanología
- I Punto de Información
- C Sala de Conferencias y Audiovisuales

- Stairs to the Jameo*
- Main floor Entrance*
- Introductory halls*
- Temporary Exhibition Gallery*
- Volcanic rocks*
- Volcanology hall*
- Information*
- Conference and Audiovisual room*

- S→ Subida a Planta Alta
- B→ Bajada de Planta Alta
- T-M Terraza Mirador

- Up to the top Floor*
- Down from the top Floor*
- Balcony*

Área de Servicios Administrativos y Técnicos

Administration and technical area



INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA / *GEOLOGICAL SETTING*

Cuando el visitante entra en la C.V. puede observar a su izquierda un panel (foto debajo) que sitúa geográficamente el Océano Atlántico, las Islas Canarias, Lanzarote, El Malpaís de La Corona y el lugar donde se encuentra: Túnel del volcán de La Corona-Jameos del Agua-Casa de Los Volcanes.

En esta sala introductoria pueden verse también dos murales de Jesús Soto que transmiten la singular visión de este artista sobre sendos eventos geológicos trascendentales: "La génesis de la atmósfera y de la vida en la evolución del Planeta" y "La deriva de los continentes según la teoría de la Tectónica de Placas". En el cuadro adjunto recordamos algunos de los eventos más significativos en la evolución del planeta, que inspira el primer mural.

In the entrance of the C.V. you can see on the left a panel (photo below) which shows the location of the Atlantic Ocean, the Canary Islands, Lanzarote, the lava flows field of La Corona and the lava tube of La Corona-Jameo del Agua-Casa de los Volcanes.

Opposite this panel there are also two murals by Jesús Soto which show this artist's singular vision of transcendental geological events: "The genesis of the atmosphere and life in the evolution of the planet" and "The drift of the continents according to the theory of Plate Tectonics". The table on the adjoining page shows some of the more important events in the evolution of the planet which inspired the mural.



Años Years	Escala Geológica Geological Times		Eventos destacados	Important Events	
-10.000	Cuaternario	Holoceno	Fin de la última glaciación	<i>End of the 1st Ice Age</i>	
-1.600.000		Pleistoceno	Glaciaciones	<i>Glaciations</i>	
-5.000.000		Plioceno	Hominidos	<i>Hominids</i>	
-23.000.000	Neógeno	Mioceno	Primeras erupciones subaéreas en Canarias Formación de la Cordillera del Himalaya	<i>First subaerial eruptions of Canary Islands.</i> <i>Formation of the Himalayas</i>	
-35.000.000		Oligoceno	Colisión India con Asia	<i>India collides with Asia</i>	
-50.000.000	Paleógeno	Eoceno	Inicio del volcanismo submarino canario Colisión N. Africa-S. Europa	<i>First Canarian submarine volcanism</i> <i>N.Africa collides with S.Europe</i>	
-65.000.000		Paleoceno	Formación de los Alpes Primeros primates Extinción dinosaurios	<i>Formation of the Alps</i> <i>First primates</i> <i>Extinction of the dinosaurs</i>	
-135.000.000		Cretácico	Separación de Africa, India y Australia	<i>Africa, India and Australia split</i>	
-205.000.000	Mesozoico	Jurásico	Separación Africa-S. América Inicio expansión O. Atlántico Dinosaurios Primeros pájaros y mamíferos Primeras plantas con flores	<i>Africa and S. America split</i> <i>Western Atlantic begins expanding</i> <i>Dinosaurs</i> <i>First birds and mammals</i> <i>First plants with flowers</i>	
-250.000.000		Triásico	Rotura del Pangea (separación de Eurasia y Norteamérica)	<i>Pangea breaks up (separation of Eurasia and N. America)</i>	
-290.000.000		Pérmico	Primeros reptiles	<i>First reptiles</i>	
-350.000.000	Paleozoico	Carbonífero	Formación depósitos de carbón	<i>Formation of coal deposits</i>	
-410.000.000		Devónico	Cierre del océano primitivo	<i>The primitive ocean closes</i>	
-440.000.000		Silúrico	Primeras conchas, peces, plantas y árboles	<i>First shells, fish, plants and trees</i>	
-510.000.000		Ordovícico	Dispersión de mares someros Rotura del primer continente	<i>Shallow seas disperse</i> <i>First continent breaks up</i>	
-570.000.000		Cámbrico	Primeros organismos multicelulares	<i>First multicellular organisms</i>	
-700.000.000		Proterozoico		Formación del primer supercontinente	<i>Formation of the first supercontinent</i>
-1.500.000.000				Oxígeno libre en la atmósfera	<i>Free oxygen in the atmosphere</i>
-2.500.000.000			Primeras formas de vida	<i>First forms of life</i>	
-3.500.000.000	Arcaico		Erupciones volcánicas generalizadas	<i>Widespread volcanic eruptions</i>	
-4.600.000.000			Formación de la Tierra	<i>Formation of the Earth</i>	

TECTÓNICA DE PLACAS / *PLATE TECTONICS*

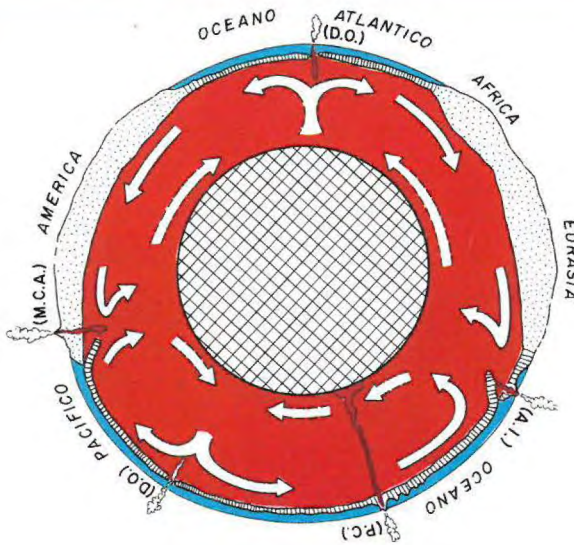
La Tectónica de Placas es el nombre con que se conoce una hipótesis o teoría en la que actualmente se enmarcan y analizan los distintos procesos geológicos. Esta teoría dice que la **Litosfera** (capa rígida más externa de la Tierra, que incluye la **corteza**) está dividida en una docena de placas mayores y varias menores, que se desplazan "flotando" sobre la **Astenosfera** (capa plástica interna, que incluye gran parte del **manto superior**). En su movimiento, las placas interactúan: separándose, subduciendo unas debajo de otras o chocando cuando el gran espesor de la litosfera hace imposible la subducción.

Estas placas litosféricas, tal como se encontraban hace 160 millones de años configurando todavía el **Pangea**, anterior a la rotura y deriva de los continentes, se aprecian en la página siguiente.

*Plate Tectonics is the name given to a theory which encompasses several geological processes. This theory states that the **Lithosphere** (the rigid outer shell of the Earth, which includes the **crust**) is divided into a dozen major plates and several smaller ones, which move by "floating" on the **Asthenosphere** (internal layer which includes much of the **upper mantle**). As they move, the plates interact: separating, some subducting under others or colliding when the thickness of the lithosphere makes subduction impossible.*

*These lithospheric plates, as they were 160 million years ago and the **Pangea**, before breaking up and the drift of the continents are on the adjoining page.*

Capas internas de la Tierra <i>Earth's Interior</i>	Profundidad (Km) <i>Depth</i>	Temperatura (°C) <i>Temperature</i>
Corteza oceánica/ <i>Oceanic Crust</i>	0-11	20
Corteza Continental/ <i>Continental Crust</i>	0-35	~
Litosfera/ <i>Lithosphere</i>	0-70	1200
Manto superior/ <i>Upper Mantle</i>	11/35-420	1200 ~ 1700
Astenosfera/ <i>Asthenosphere</i>	70-270	1500 ~ 1700
Manto de Transición/ <i>Transitional Mantle</i>	420-670	1700 ~ 2000
Manto Inferior/ <i>Lower Mantle</i>	670-2885	2000 ~ 3000
Núcleo externo/ <i>External Core</i>	2885-5153	3000 ~ 4200
Núcleo interno/ <i>Internal Core</i>	5153-6371	4200 ~ 4300



En este esquema, las flechas indican las corrientes de convección en el manto, condicionando la apertura de los océanos y las zonas de subducción con el volcanismo asociado en ambos casos: dorsales oceánicas (DO) y arcos de islas (AI) o márgenes continentales activos (MCA). También se indica un punto caliente (PC) en el Océano Pacífico. En las páginas 36 a 40 se describen estas megaestructuras.

In this diagram, the arrows represent the convection currents in the mantle, conditioning the opening of the oceans and the subduction zones, causing volcanism in both cases: oceanic ridges (DO) and island arcs (AI) or active continental margins (ACM). Also the hot spot of Hawaii is indicated (PC). See pages 36-40.

En la siguiente sala se recuerda al visitante que estas islas se formaron por el apilamiento, a lo largo de millones de años, de materiales volcánicos cuyo mayor volumen es submarino. También se les muestra (ver fotografía debajo), en una sucesión de imágenes de Ildefonso Aguilar, la génesis y evolución de una isla como Lanzarote, así como su colonización por los seres vivos y, finalmente, los asentamientos y actividades humanas que completan el ciclo.

In the next hall, visitors are reminded that these islands were formed by the piling up of volcanic materials over millions of years. There is also a composition by Ildefonso Aguilar, which shows the genesis and evolution of an island like Lanzarote, its colonization by living creatures and finally the settlements and activities of humans which complete the cycle. See below.

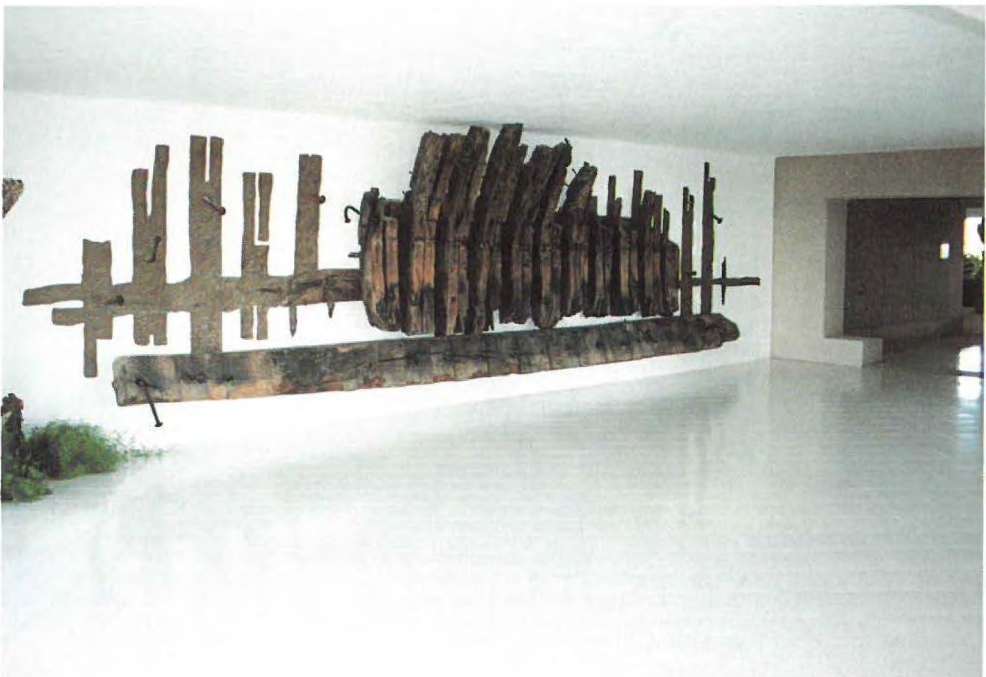


Desde las Salas introductorias se pasa a una amplia galería, abierta por una parte sobre Jameos del Agua con huecos ajardinados, mientras que por la otra parte se divisa el litoral a través de amplios ventanales. La sala es totalmente diáfana, aunque fácilmente divisible en espacios que se destinan principalmente a las exposiciones temporales sobre otras áreas volcánicas del planeta. Un gran mural del genial artista lanzaroteño César Manrique preside este espacio (debajo).

Frente al mural de César Manrique se ofrecerán al visitante unos conocimientos básicos sobre la dinámica eruptiva, que sintetizaremos en las siguientes páginas, aunque los elementos informativos de este espacio no se encuentran todavía expuestos.

From the introductory halls you pass into a large gallery, open on one side which looks out on Jameos del Agua, while on the other side you can see the coast through large windows. This gallery is a space used for temporary exhibitions about other volcanic areas of the planet. A great mural by the wonderful Lanzarote artist César Manrique, overlooks this area (see below).

In front of this mural, there will be information on eruptive dynamics, which is summarized in the following pages, though the informative exhibits are not yet on display.





Columna eruptiva y colada saliendo del volcán Teneguía (La Palma, 1971)
Plume and lava flow of the Teneguía volcano (La Palma, 1971)

En el **magma** coexisten fases sólidas, líquidas y gaseosas, cuya proporción, **quimismo** y temperatura condicionan la viscosidad de la **lava**, que es el nombre que recibe el material fundido cuando sale a la superficie.

En la boca de emisión se produce una cierta separación de las distintas fases magmáticas: los grandes fragmentos sólidos son proyectados balísticamente a distancia, la fase líquida rebosa y fluye pendiente abajo, la fase gaseosa se difunde en la atmósfera. Simultáneamente, la energía térmica disipada a la atmósfera establece una fuerte corriente convectiva, la cual arrastra la fase gaseosa y además gran cantidad de sólidos, formándose la **columna eruptiva**. La capacidad de arrastre de esta columna clasifica las partículas por tamaños: los fragmentos mayores y más pesados son elevados pocos centenas o decenas de metros, mientras que el material más fino lo es varios kilómetros y las partículas más finas llegan a alcanzar la estratosfera.

La **dinámica eruptiva** suele simplificarse dividiendo los mecanismos eruptivos en **efusivos** (erupciones tranquilas de un magma más o menos fluido con muy poco gas: Hawaianas) y **explosivos** (erupciones violentas de magmas viscosos con fuerte intervención de la fase gaseosa: Stromboliana, Plineana y Vulcaniana), que comentaremos a continuación. El volcanismo efusivo suele estar asociado a largas y profundas fracturas (**erupciones fisurales**), por las que asciende el magma, aunque su salida se efectúe sólo por algunos puntos sobre esta fractura. El volcanismo explosivo es típico de erupciones puntuales en **volcanes centrales** (escudos y estratovolcanes), alimentados por un conducto vertical, que conecta con una cámara magmática a pocos kilómetros de profundidad.

Magma is made up of solid, liquid and gaseous phases, the proportion, chemistry and temperature of which condition the viscosity of the lava - the name given to the molten material when it comes out to the surface.

The different magmatic phases separate to some extent at the emission mouth: large solid fragments are thrown some distance away, the liquid phase flows out and runs downhill and the gaseous phase goes into the atmosphere. Simultaneously, the thermal energy dissipated into the atmosphere creates a strong convective current which sucks in the gaseous phase and also a large amount of the solids, forming an eruptive plume. This plume lifts up the largest, heaviest fragments a few hundred metres, the smaller fragments a few kilometres and the finest particles can even reach the stratosphere.

Eruptive dynamics are usually simplified by dividing the eruptive mechanisms into effusive (non-violent eruptions with liquid magma containing little gas: Hawaiian) and explosive (violent eruptions with viscous magma and a high gas content: Strombolian, Plinian and Vulcanian). The effusive volcanism is usually associated to large and deep fractures (fisural eruptions) through which the magma ascends arriving to the surface through a few points over the fracture. The explosive volcanism is typical of punctual eruptions of central volcanoes (shields and stratovolcanoes) fed by a vertical conduit connected to a magmatic chamber located a few kilometers beneath the surface.

Erupción Stromboliana.- Esta erupción, típica del volcán Stromboli (Italia), se origina por un magma fluido y relativamente rico en gas. Este gas escapa fácilmente y, al explotar las burbujas, proyecta a moderada distancia pequeños fragmentos de magma (**piroclastos**). La acumulación de los piroclastos alrededor del centro de emisión da origen a típicos **conos de escorias**. La actividad stromboliana suele acompañar a las erupciones efusivas, especialmente durante las fases iniciales, cuando el magma es más rico en gas. Este caso es el más frecuente en las erupciones canarias.

***Strombolian Eruption.**- This type of eruption, which is typical of the volcano Stromboli (Italy), is caused by very liquid magma containing moderate quantities of gas. This gas escapes easily and, as the lava bubbles explode, small fragments of lava (pyroclasts) are thrown some distance away. The accumulation of pyroclasts around the centre of emission forms cinder cones. Strombolian activity is a low energy explosive type of eruption and usually accompanies effusive events, especially in their initial stages when the magma is richer in gas. This last case is the most common form of eruption on the Canary islands.*



Erupción Hawaiana.- Un magma muy fluido y con poco gas, sale a la superficie a través de estrechas fracturas que pueden tener varios kilómetros de longitud. El magma, que asciende a una considerable velocidad (0,5 m/s), es proyectado a alturas de decenas de metros, formando fuentes de lava. La lava, al caer, puede acumularse, originando lagos de lava o discurrir en **coladas**, dependiendo de la topografía preexistente. Estos magmas suelen ser tan fluidos que, en su curso, pueden embadurnar de lava un arbusto sin derribarlo, como se aprecia en esta fotografía de Hawaii.

***Hawaiian Eruption.**- Fluid magma with very little gas comes out of long, narrow fractures, sometimes measuring kilometres. The magma to heights of several metres, often forming lava fountains. When the lava falls it can accumulate forming lava lakes or run into flows following the topography of the area. These magmas are usually so fluid that along its flow can daub a bush with lava without pulling it down (as shown in this picture from Hawaii).*



En esta erupción stromboliana se aprecia la trayectoria balística de los fragmentos lávicos que van formando el cono. En la columna eruptiva se distingue también una zona (oscura y densa) con piroclastos que pronto caerán más o menos cerca. Finalmente, el penacho de cenizas será fácilmente arrastrado por el viento.

In this strombolian eruption, the trajectory of the lava fragments which make up the cone can be clearly seen. The dark and dense part of the plume is of pyroclasts which will soon fall. Finally, the ash on the top will easily be dispersed by the wind.

Erupción Plineana.- Estas erupciones están siempre asociadas a un magma relativamente viscoso y muy rico en gas. Deben su nombre a las cartas que Plinio el Joven escribió a Tácito, describiéndole la erupción del Vesubio que destruyó Pompeya el año 79, y en la que murió su tío, el gran naturalista Plinio el Viejo. Estas erupciones se caracterizan por la emisión de una columna convectiva de gas y piroclastos, que se eleva a gran altura y adopta la clásica forma de champiñón. El colapso de estas columnas forma **nubes ardientes** que se desplazan con vertiginosa rapidez sobre la superficie, salvando obstáculos y alcanzando grandes distancias en pocos minutos, por lo que son especialmente destructoras. En Tenerife, hay evidencias de estas grandes erupciones ocurridas entre 3.000.000 y 175.000 años en la zona que hoy ocupa la Caldera de Las Cañadas.

En página siguiente una erupción plineana del Vesubio en 1906, fotografiada por F.A. Peret.

Erupción Vulcaniana.- Explosión más o menos total de un aparato volcánico cuando la presión de gas procedente del magma hace saltar el tapón que cierra el conducto procedente de la solidificación de los materiales de anteriores erupciones. Se caracteriza por el lanzamiento de grandes fragmentos de roca (bombas) a grandes distancias. Toma su nombre, como el de todos los volcanes, de la isla Eolia de Vulcano.

***Plinian Eruption.** - These eruptions are always associated with a relatively viscous magma which is very rich in gas. They owe their name to the letters that Pliny the Younger wrote to Tacitus, describing the eruption of the Vesubio that destroyed Pompei in AD 79, in which his uncle, the great naturalist Pliny the Elder, was killed. These eruptions are characterized by a huge convective plume of gas and pyroclasts which rises to a great height and turns into the classic mushroom shape. The collapse of these plumes forms **glowing clouds** which travel incredibly fast over the surface, covering great distances in a few minutes, which makes them especially destructive. In Tenerife there is evidence of these great eruptions occurring between 3 million and 175 thousand years ago, in the area which is now occupied by the Caldera of Las Cañadas.*

Next page: Plinian eruption of Vesubio in the year 1906 (Photo F.A. Peret).

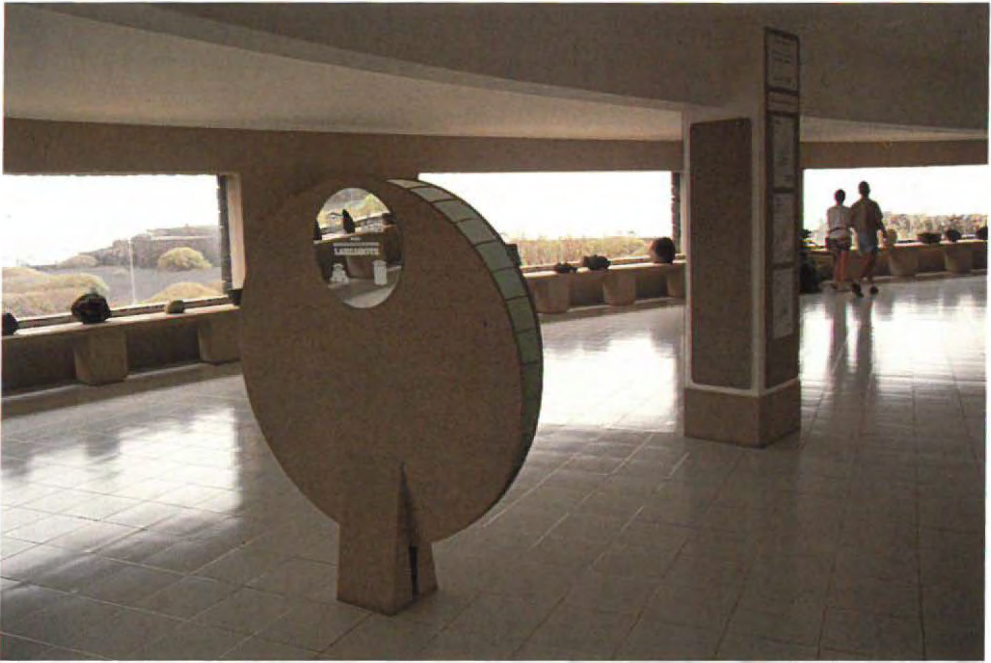
***Vulcanian Eruption.** - These eruptions take place when the gas pressure in the magma builds up to a point where it blows off the plug of a volcano which has been formed by the solidification of material from previous eruptions. They are characterized by the ejection of large fragments of rock (bombs) over large distances. They get their name, like all volcanoes, from the Aeolian island of Vulcano.*



En la galería de Exposiciones temporales, las cristalerías orientadas hacia el mar están enmarcadas por otros dos murales de Jesús Soto, interpretando "Las corrientes de convección generadas en el interior del planeta" y "La apertura y expansión de los Océanos". En este relieve (debajo), el artista representa las **corrientes de convección** arrastrando las placas continentales que, al separarse, han configurado los océanos actuales.

In the gallery of temporal exhibitions, the large the windows looking towards the sea are framed by two murals by Jesús Soto: "The convection currents generated in the interior of the planet" and "The opening and expansion of the Oceans". In this mural, the artist shows the convection currents that drag the continental plates which, by separating, configured the oceans of today.

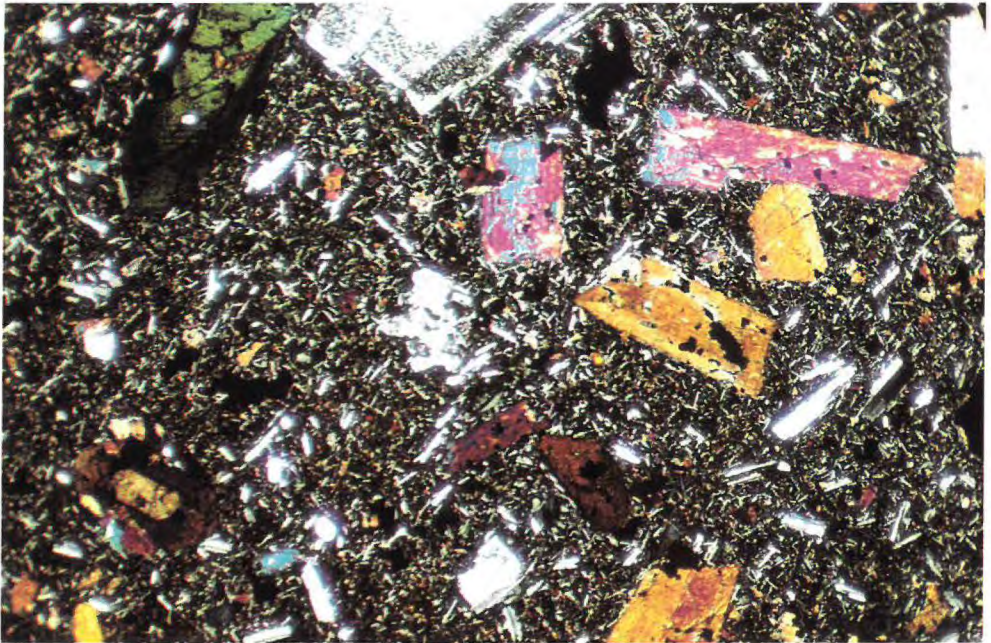
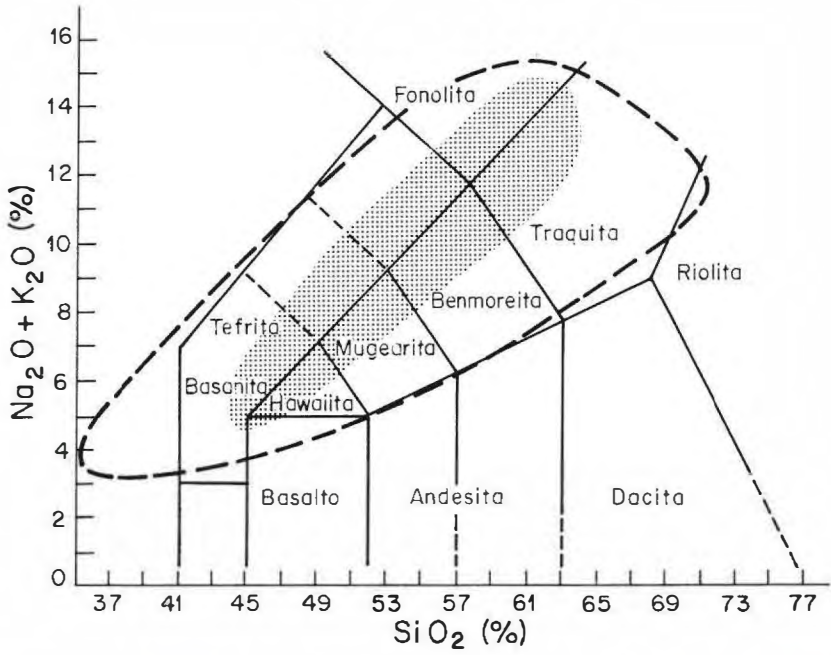




Aspecto de la Galería de Exposiciones Temporales. Bajo los ventanales se dispone una selección de Rocas Canarias.

The Temporary Exhibition Gallery. Below the windows there is a selection of Canarian Rocks.

ROCAS VOLCÁNICAS / VOLCANIC ROCKS



Microfotografía de un basalto / Photomicrograph of a basalt.

Bajo los grandes ventanales descritos en la Galería de Exposiciones Temporales, se ha dispuesto una selección de rocas canarias que se describen seguidamente.

En la página anterior vemos una clasificación geoquímica de rocas volcánicas, en la que se ha sombreado el campo ocupado por la mayoría de las rocas canarias, que abarcan toda la litología correspondiente a los **magmas alcalinos**, típicos de islas oceánicas. No obstante, diversos procesos petrogenéticos influyen en la aparición de tipos exóticos, que amplían el quimismo de las rocas canarias hasta el enmarcado por la línea de trazos.

Las rocas con un contenido en sílice inferior al 50% son también más ricas en óxidos de Mg, Ca y Fe, denominándose genéricamente **rocas básicas**. Los **basaltos** son las rocas básicas más frecuentes y abundantes, tienen una pasta vítrea o microcristalina en la que pueden destacar grandes cristales de olivino, piroxenos (augita) y en algunos casos anfíboles, así como pequeños cristales de hierro (magnetita, ilmenita) que le proporcionan el color oscuro a la roca, que al microscopio tiene el aspecto que vemos en la fotografía adjunta. Las correspondientes rocas plutónicas (totalmente cristalinas, por su enfriamiento más lento, en profundidad) son los **gabros**.

En las **rocas ácidas y sálicas** (con un porcentaje en SiO₂ superior al 55%) cristalizan minerales de color claro, como los feldespatos en las **traquitas** o los feldespatoides en las **fonolitas**. Cuando estos magmas (que tienen menor temperatura que los basálticos) se enfrían rápidamente, no se producen cristales y dan lugar a rocas vítreas denominadas **obsidianas**. Los equivalentes endógenos o plutónicos, de fonolitas o traquitas son las **sienitas**.

Lógicamente, bajo las I. Canarias no se generan **magmas toleíticos** (asociados principalmente a bordes divergentes de placa), ni **magmas calcoalcalinos** (generados en procesos de subducción). No se encuentran, por lo tanto, basaltos toleíticos ni tampoco **andesitas y riolitas**, que son los términos básico y ácido, respectivamente, de las rocas calcoalcalinas.

*Under the large windows in the Temporary Exhibition Gallery you can see a selection of rocks from the Canaries which are described in the following pages. As can be seen in the classification diagram, the shaded area that correspond to the Canarian rocks, practically covers all common types which are found in **alkaline magmas**, which are typical of oceanic islands. However, diverse petrogenic processes influence the appearance of "exotic" lithologies, and expand the geochemical field (inside the dotted line in the figure) where Canarian rocks are found.*

*Rocks which contain less than 50% silica are also richer in oxides of Mg, Ca and Fe, and are called **basic rocks**. **Basalts** are the most common basic rocks. They often contain large crystals of olivine, pyroxenes and amphiboles. They are dark because of the iron crystals (magnetite, ilmenite) they contain. The corresponding plutonic rocks (totally crystalline due to a slower cooling at greater depth) are called **gabbros**.*

*In **acidic and salic rocks** (with a SiO₂ content of greater than 55%) pale minerals crystallize (eg. quartz or feldspars). When these magmas (which are not as hot as basaltic ones) cool quickly, crystals are not produced, instead vitreous **obsidian** is formed. **Phonolytes and trachytes** are the most representative salic rocks, whose plutonic equivalents are **syenites**.*

*Logically, below the Canary Islands, nor **tholeiitic magmas** (basically associated to divergent plate boundaries), neither **calco-alkaline magmas** (related to subduction processes) can be generated. So, nor tholeiitic basalts neither **andesites and rhyolites** (that are respectively the basic and acid terms of the calco-alkaline Series) can be found.*

VENTANAL 1. Complejos Basales

Constituidos por lavas submarinas, rocas plutónicas y sedimentos de la capa superior de la corteza oceánica. Las rocas sedimentarias corresponden a depósitos acumulados desde el Cretácico en los fondos marinos de Canarias, antes de que se iniciase el volcanismo actual. Un levantamiento de estos fondos marinos por procesos volcánico-tectónicos, y la posterior erosión, han permitido aflorar estos materiales en islas como Fuerteventura, Gomera y La Palma.

Las rocas endógenas-plutónicas (**gabros y sienitas**), aunque no son volcánicas, corresponden a materiales que en algún momento estuvieron fundidos, pero se enfriaron lentamente en profundidad sin alcanzar la superficie: son generalmente las raíces de los antiguos volcanes que la erosión ha descarnado.

VENTANAL 2. Series Basálticas Antiguas

Corresponden a las primeras erupciones que surgieron sobre el nivel del mar en cada isla (ver página 47). Estas Series se caracterizan por formar potentes apilamientos de coladas, atravesadas por numerosos **diques** (conductos planares de lava) de erupciones posteriores. Hoy aparecen formando macizos montañosos aislados por la erosión y con escarpadas vertientes o acantilados como los de Famara, en Lanzarote; el Andén Verde, en Gran Canaria; Anaga y Teno, en Tenerife y El Golfo, en El Hierro.

VENTANAL 3. Rocas Ultramáficas

Entre estas rocas destacan las **dunitas**, formadas casi exclusivamente por **olivino**, lo que les confiere el típico color verdoso. Se trata de materiales que proceden del manto superior, es decir, de la capa interna de la tierra (entre 10/30 y 400 km de profundidad) donde se generan los magmas. Estas rocas tan profundas son arrastradas por el magma en su ascenso y aparecen como enclaves o **xenolitos** en muchas coladas basálticas de Lanzarote.

VENTANAL 4. Series Basálticas Recientes

Constituyen los elementos morfológicos que caracterizan el paisaje canario actual: coladas, conos con escorias y bombas, capas de lapilli o cenizas. En la Gufa de Lanzarote describiremos con detalle estos materiales.

En las erupciones freato-magmáticas, es decir, en las que interaccionan magma y agua (generalmente marina), se produce vapor que incrementa la cantidad de gases y por tanto la "explosividad" de la erupción. Sus piroclastos son muy finos y al caer, todavía húmedos, dan lugar a depósitos característicos, pueden verse en "El Golfo", en la costa Oeste de Lanzarote.

VENTANAL 5. Series Sáficas (Fonolitas y Traquitas)

Proceden de los magmas basálticos que evolucionan cuando se emplazan temporalmente en "cámaras" a poca profundidad (3-5 km). Esta evolución (o diferenciación) genera un fundido sáfico, más rico en sílice y álcalis (Na y K) que el basáltico original, porque éste pierde un importante porcentaje de otros elementos (Fe, Mg, Ca), al separarse del magma primitivo los primeros minerales ferromagnesianos que cristalizan en la cámara y se depositan en su fondo. Estos magmas dan lugar a las traquitas y fonolitas que son rocas más claras y ligeras que los basaltos, a veces con un gran contenido en gases que, al desprenderse, dejan los típicos poros de las **pomez**, tan ligeras que flotan en el agua.

En Canarias, este tipo de magmas sáficos sólo se ha manifestado en Gran Canaria y Tenerife, donde han formado grandes estratovolcanes y calderas. Una característica de los piroclastos pumíticos arrojados violentamente por estas erupciones es la gran altura que alcanzan y la posibilidad de ser transportados como velocísimos flujos cuando colapsa la columna eruptiva. Los depósitos de estas coladas piroclásticas (nubes ardientes, sensu lato), que pueden estar soldados o no, se denominan **ignimbritas** y fueron por primera vez identificados el siglo pasado en Canarias por Fritsch y Reiss, que les dieron el nombre de **eutaxitas** por el aspecto flameado de sus pomez aplastadas y estiradas. La **obsidiana** es otra roca sáfica que se caracteriza por su carácter vítreo; su fácil talla la hace un material idóneo para fabricar puntas de flecha y otros instrumentos cortantes denominados **tabonas** y utilizados por los aborígenes.

DISPLAY BELOW WINDOW 1. Basal Complexes

Made up of submarine lava, plutonic rocks and sediments from the upper layer of the oceanic crust. The sedimentary rocks are deposits which have accumulated since the Cretaceous on the sea floor, before the present volcanism. An uplifting of these sea beds by volcano-tectonic processes, and their later erosion, has led these materials to crop out on the islands of Fuerteventura, La Gomera and La Palma.

Endogenous-plutonic rocks (**gabbro** and **syenite**), although not volcanic, correspond to materials which at some time were molten, but cooled slowly at depth without reaching the surface: they are usually the roots of ancient volcanoes that erosion has uncovered.

DISPLAY BELOW WINDOW 2. Ancient Basaltic Series

These ones correspond to the first eruptions that took place above sea level on each island (see page 47). These series are characterized by thick piles of lava flows, which are cut across by numerous dykes (planar conduits) and necks of subsequent eruptions. Today they make up eroded mountain massifs with steep slopes or cliffs like those of Famara on Lanzarote, el Andén Verde on Gran Canaria, Anaga and Ten on Tenerife and El Golfo on El Hierro.

DISPLAY BELOW WINDOW 3. Ultramafic rocks

Perhaps the most striking of these rocks are **dunit**s, which are formed almost completely of olivine, giving them a green colour. They are materials from the upper mantle; the internal layer of the Earth (between 10-30 and 400 km deep) where magma is formed. These deep rocks are pulled up by the magma in eruptions and can be found as enclaves or xenoliths in many basaltic flows on Lanzarote.

DISPLAY BELOW WINDOW 4. Recent Basaltic Series

These make up the morphological elements that form the present day Canarian landscapes: lava flows, cinder cones, bombs, layers of lapilli or ash. In the Guide of Lanzarote these materials are described in depth.

In phreatomagmatic eruptions, that is, ones where water (generally seawater) interacts with magma, vapor is produced which increases the amount of gas and therefore the "explosiveness" of an eruption. Their pyroclasts are very fine and as they fall, still wet, they form characteristic deposits such as those that can be seen at El Golfo, on the west coast of Lanzarote.

DISPLAY BELOW WINDOW 5. Salic Series (Phonolites and Trachytes)

These come from magmas which evolve when they are held temporarily in "Chambers" located between 3 and 5 km depth. This evolution (or differentiation) generates salic magma, richer in silica and alkali (Na and K) than the original basalt, because it loses a large percentage of other elements (Fe, Mg, Ca), as the first ferromagnesian minerals separate from the primitive magma and crystallize in the chamber. These magmas give rise to phonolites and trachytes which are lighter and paler than basalts. Sometimes they have a high gas content which leaves the typical pores found in pumice, which is so light it floats on water.

In the Canaries, this type of salic magma has only occurred on Gran Canaria and Tenerife where great stratovolcanoes and calderas were formed. A characteristic of these pumiceous pyroclasts is that violent eruptions eject them to great altitudes and often later transports them in extremely fast pyroclastic flows when the plume collapses. The deposits of these pyroclastic flows, which can be welded or not, are called **ignimbrites** and were first identified on the Canaries last century by Fritsch and Reiss, who gave them the name of **eutaixites**. **Obsidian** is another salic rock which is characterized by its glassy texture; it is easily crafted and shaped and was ideal for arrow heads and other instruments used by the indigenous people of the Canaries.

Atravesando el túnel o **pasillo de los espejos** (debajo) -original creación de Jesús Soto- se llega a la sala que constituye el núcleo informativo del Centro. Aquí se pretende que el visitante reciba una serie de mensajes o impresiones que le familiaricen con algunos aspectos del volcanismo en general y particularmente con el de Canarias, ya que este archipiélago es un "área volcánica activa" en la que continuarán repitiéndose erupciones volcánicas, que no deben alarmarnos más de lo necesario, si estamos preparados para prevenirlas y afrontarlas. Los volcanes no sólo han estado siempre aquí, sino que son los creadores de estas islas en una tarea de millones de años. Es el hombre, el que ha venido a convivir con los volcanes y debe, por tanto, aceptarlos y entenderlos.

Las Islas Canarias han sido, desde hace siglos, una zona idónea para el desarrollo de la Volcanología en todas sus vertientes. Especial interés tienen hoy los aspectos relacionados con el riesgo volcánico, tema con el que iniciaremos la visita a esta sala de Volcanología.

*Passing through the tunnel or **mirror corridor** (below) -an original creation by Jesús Soto- you arrive at the hall that is the information nucleus of the centre. Here visitors are given messages or impressions which will help them better understand volcanic processes, especially those of the Canaries. This archipelago is an "active volcanic area" where eruptions will occur in the future. These events should not alarm us more than necessary. The volcanoes have not only been here for millions of years, they created the islands. It is man who has come to live with the volcanoes, therefore he should accept them and understand them. The Canary Islands have been, for centuries, an ideal place to study Volcanology. Now, those aspects related with volcanic risk are of special interest, and we will begin the visit of the Hall of Volcanology with this theme.*



La Volcanología actual no sólo estudia la física de los volcanes y sus productos, sino que prioritariamente se plantea el progresivo perfeccionamiento de las técnicas y métodos empleados en la vigilancia de la actividad volcánica así como de los criterios que definen el riesgo volcánico, su prevención y mitigación. En este sentido, la Volcanología es una ciencia multidisciplinar en la que confluyen: geólogos, físicos, químicos, matemáticos, sociólogos, técnicos de Protección Civil y educadores.

Present day Volcanology does not only study the physical aspects of volcanoes and their products, it is mainly concerned with perfecting the techniques used in monitoring volcanic activity and in defining volcanic risk, its prevention and mitigation. Volcanology is therefore a multidisciplinary science in which geologists, physicists, chemists, mathematicians, sociologists, civil defense technicians and educators all work together.



Fotografía tomada por P. Flannagan a 30 Km de distancia del volcán Redoubt (Alaska) durante la erupción de 1990.

Photograph by P. Flannagan, 30 Km from the volcano Redoubt (Alaska) during the 1990 eruption.

RIESGO VOLCÁNICO / VOLCANIC RISK VIGILANCIA DE VOLCANES / VOLCANO SURVEILLANCE

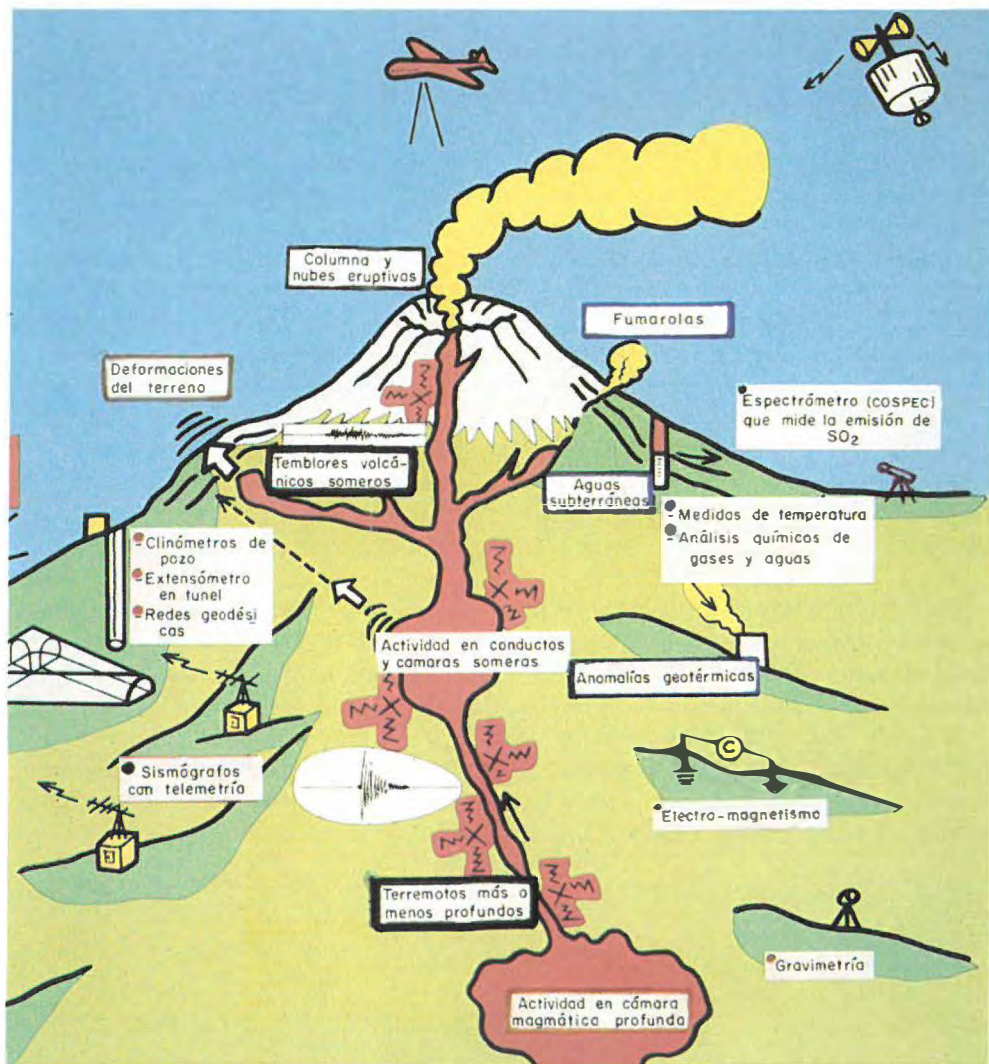
Es obvio que quienes residen o se encuentran en las proximidades de un volcán activo corren el riesgo de que una erupción tenga consecuencias catastróficas para sus vidas, propiedades o infraestructuras. Sin embargo, entre los diferentes desastres naturales (terremotos, inundaciones, avalanchas, tifones, plagas, etc.) los menos dañinos para la humanidad son las erupciones volcánicas. Esto se debe a que, pese a la variedad de sus peligros (lavas, cenizas, bombas, sismos volcánicos, gases, laares...), los volcanes son bien conocidos por los habitantes de la zona y suelen "avisar" antes de que se produzca una erupción. Estos avisos, que pueden interpretar los científicos, permiten, en la mayoría de los casos, que las autoridades de Protección Civil tomen a tiempo las medidas oportunas (incluida la evacuación) para proteger a la población.

Hay varios parámetros geofísicos que se ven afectados en las horas, días o semanas previos a la erupción. Estas anomalías (**fenómenos precursoros**) son provocadas por los magmas que ascienden hacia la superficie y que se pueden detectar con aparatos adecuados tanto desde tierra, o subterráneos y desde el aire, incluso vía satélite (ver página siguiente). La información aportada por esta instrumentación, generalmente con registro continuo y en tiempo real, permite a los científicos conocer con suficiente antelación el inicio de una erupción y prevenir la evolución de la crisis.

It is obvious that people who live in close proximity to an active volcano run the risk that an eruption could catastrophically affect their lives. However, of all natural disasters (earthquakes, floods, avalanches, typhoons, plagues, etc.) volcanic eruptions are the least damaging for mankind. This is because, despite the great variety of dangers they present (lava, ash, bombs, seismic tremors, poisonous gases, lahars), volcanoes are well known by the local inhabitants and usually "warn" before erupting. These "warnings", which scientists can interpret, normally allow the local authorities to take the necessary precautions (including evacuation) in time to protect the population.

There are several geophysical parameters which are affected hours, days or weeks before an eruption. These anomalies are caused by the magmas which ascend toward the surface from the deep areas where they are generated (upper mantle) or stored (magmatic chambers).

*Both these alterations (**precursor phenomena**), and the right equipment needed for their detection and measurement, are shown in the table and picture on the following page. The information obtained by these instruments (usually continuous and in real time) allows scientists to see well enough in advance when an eruption is going to take place and prevent a catastrophe.*



PRECURSORES/PRECURSORS	INSTRUMENTACIÓN/INSTRUMENTATION
Temblores de Tierra / <i>Earth tremors</i>	Sismómetros / <i>Seismometers</i>
Deformaciones del terreno / <i>Ground deformations</i>	Extensómetros / <i>Extensometers</i> Clinómetros / <i>Tiltmeters</i>
Variaciones gravimétricas y electromagnéticas / <i>Gravimetric and electromagnetic variations</i>	Gravímetros, magnetómetros / <i>Gravimeters, magnetometers</i>
Desequilibrios en el quimismo y la temperatura de manantiales, aguas subterráneas y fumarolas / <i>Changes in chemical composition and temperature of springs and fumaroles</i>	Análisis geoquímicos / <i>Geochemical analyses</i>

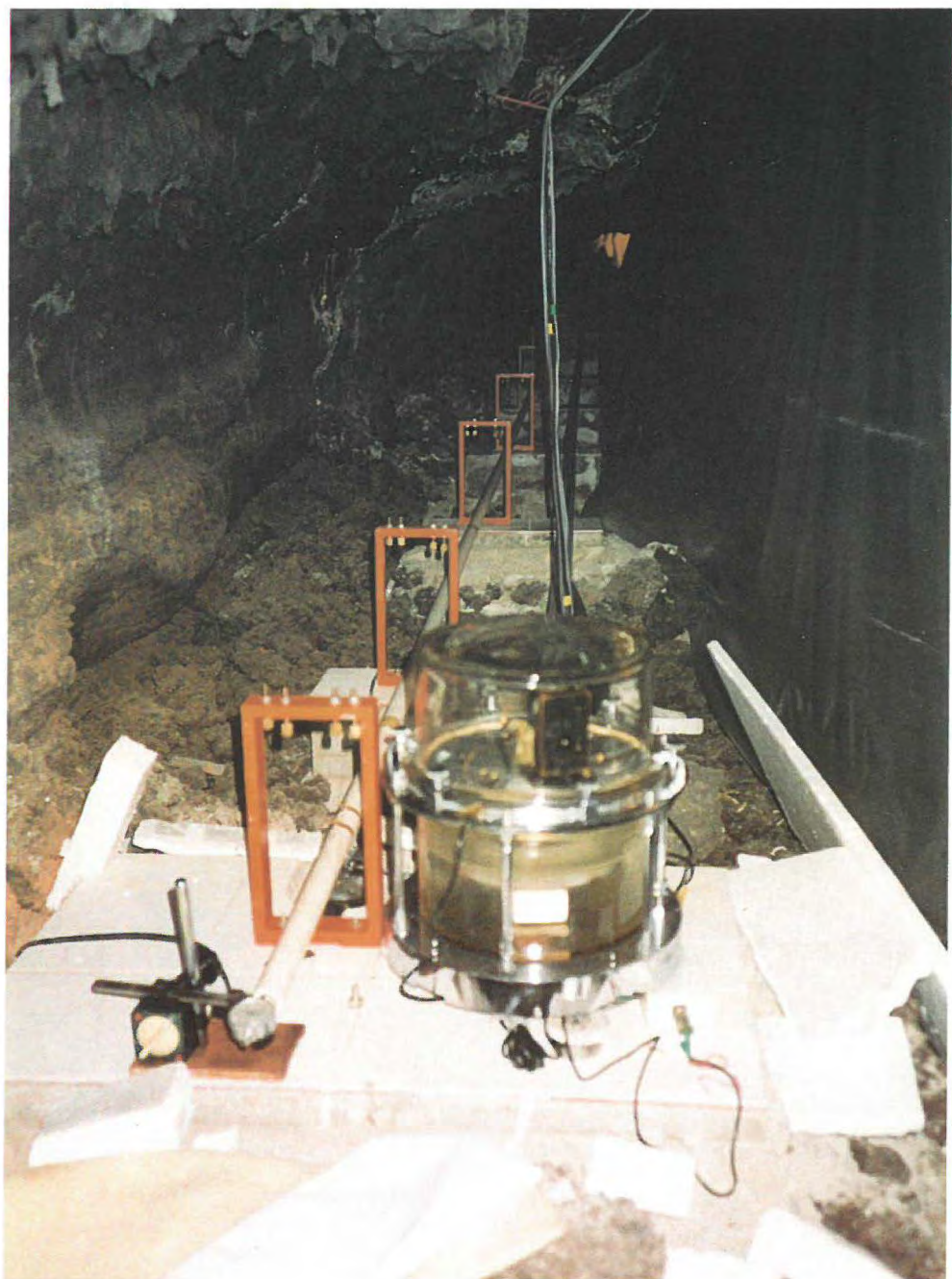
ESTACIÓN GEODINÁMICA / GEODYNAMIC LABORATORY

En una vitrina de la Sala de Volcanología (debajo), se observan los datos que están obteniendo, en ese momento, varios instrumentos (sismómetros y gravímetros, principalmente) que registran la actividad geodinámica en general (mareas terrestres, sismicidad) y particularmente la que pueda tener relación con un proceso volcánico en ciernes. Estos aparatos, conectados con la C.V., forman parte de la Estación Geodinámica instalada en el túnel del volcán de La Corona, cuya estabilidad ambiental proporciona las condiciones idóneas para el funcionamiento de una instrumentación científica muy sensible.

La Estación Geodinámica (que se explica en un monitor adjunto a la vitrina) pertenece al Ito. de Astronomía y Geodesia del CSIC/UCM. Desde sus instalaciones, no sólo se vigilan los volcanes canarios, sino que también, es un laboratorio donde prueban y desarrollan su instrumental científico prestigiosos grupos de investigación geodinámica de España, Luxemburgo, Bélgica, Islandia, Rusia y la República Popular China.

In a display cabinet in the Hall of Volcanology (see below), visitors can see data which are being obtained, at that moment, from different instruments of the Geodynamic Station set up in the lava tube of the volcano of La Corona. The lava tube is an ideal place for the extremely sensitive instruments to be housed. The Geodynamic Station (which is explained on a monitor next to the display cabinet) belongs to the Astronomy and Geodesy Institute of the CSIC/UCM. Not only does it monitor the Canarian volcanoes, it is also a laboratory where scientific instruments are developed by research groups from Spain, Luxembourg, Belgium, Iceland, Russia and the People's Republic of China.





Cabeza y sensor de un clinómetro y de un extensómetro de 42 m instalados en la Estación Geodinámica.

End and sensor of a 42 m long water tube and a tiltmeter at the Geodynamic Station.

ÁREAS VOLCÁNICAS ACTIVAS / VOLCANIC ACTIVE ZONES

Se denominan áreas volcánicas activas a las regiones donde se ha reconocido la existencia de un volcanismo histórico, es decir, registrado y documentado por el hombre. Esta limitación temporal se amplía en términos geológicos a la última etapa post-glacial, que coincide prácticamente con el Holoceno (los últimos 10.000 años).

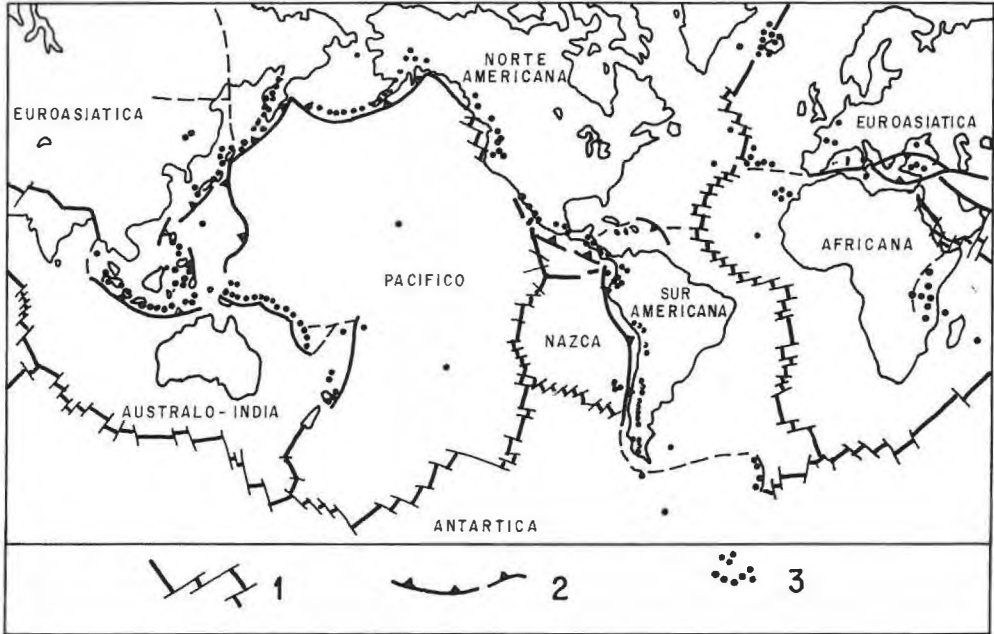
En la superficie terrestre se puede distinguir medio centenar de franjas, alguna de ellas segmentada, que agrupan el 80% de los volcanes holocenos y el 95% de las erupciones registradas. La longitud de estas franjas es de unos 33.000 km, cifra equivalente a la de la circunferencia terrestre. Si suponemos una media de 100 km para la anchura de estas franjas, resulta que las áreas volcánicas recientes ocupan tan sólo el 0,7% de la superficie del Planeta, aunque en ella reside el 10% de su población.

The term "active volcanic area" is used for regions where there has been historic volcanic activity; recorded and documented by man. This time limit is broadened in geological terms to cover the last post-glacial age, which practically coincides with the Holocene.

On the earth's surface there are approximately fifty strips of land where 80% of the Holocene volcanoes and 95% of recorded eruptions have taken place. The length of these strips is about 33 000 km, which is approximately the circumference of the earth. Assuming that these strips have an average width of 100 km, the recently volcanic areas cover only 0.7% of the planet's surface, although 10% of the population live within them.



Volcán Teneguía (La Palma, 1971) / Teneguía volcano.



Distribución y movimientos relativos de las grandes placas litosféricas, en cuyos bordes se localiza la mayoría de las manifestaciones volcánicas y de las áreas sísmicas:

- 1: Bordes divergentes de placa (distensión, expansión oceánica).
- 2: Bordes convergentes de placa (compresión, subducción).
- 3: Volcanes Cenozoicos (post-cretácicos) y terremotos (en bordes de placa).

Los magmas toleíticos y calcoalcalinos se asocian respectivamente a las zonas 1 y 2. Los magmas alcalinos son típicos del volcanismo intraplaca (puntos calientes, márgenes continentales pasivos, rifts).

A continuación comentaremos las principales características de las grandes estructuras volcánicas: Dorsales Oceánicas (en bordes de placas divergentes), Puntos Calientes (en el interior de las placas), Arcos de Islas y Márgenes Continentales Activos (en bordes de placa convergentes), Rifts (en la placa Africana) y Plateaux Basálticos (en varios continentes).

Position and movements of the great lithospheric plates, at the boundaries of which, most volcanic and seismic activity takes place:

- 1: *Diverging plate boundaries (distension, oceanic spreading).*
- 2: *Converging plate boundaries (compression, subduction).*
- 3: *Cenozoic Volcanoes (post-cretaceous) and earthquakes (in plate boundaries).*

Tholeiitic and calcoalcaline magmas are respectively associated to zones 1 and 2. Alkaline magmas are typical of intraplate volcanism (hot spots, passive continental margins, rifts).

Next, we will discuss the main characteristics of great volcanic structures: Oceanic ridges (on the boundaries of diverging plates), Hot spots (inside the plates), Island arcs and Active continental margins (on the boundaries of converging plates), Rifts (in the African Plate), Platforms (on various continents).

Dorsales Oceánicas.- Son cordilleras volcánicas que se elevan en medio de los océanos, coincidiendo con la línea de separación entre las masas continentales antes de la disgregación del continente único, Pangea, que existió hasta hace unos 200 millones de años. Se localizan, por lo tanto, sobre bordes de placas divergentes. Bajo estas dorsales, la astenosfera se aproxima a la superficie, impulsada por corrientes ascendentes de convección. Este proceso facilita la generación y ascenso de magmas que, al adosarse, a las placas que se separan, van constituyendo la corteza oceánica. La generación de corteza oceánica y la consiguiente expansión de los océanos y deriva continental no han tenido siempre el mismo ritmo, que tampoco es hoy igual en todas las dorsales. La dorsal Atlántica, con ritmo de expansión lento (~ 2 cm/año) tiene un amplio valle axial de 30 km de ancho, en el que puntualmente puede concentrarse una mayor actividad eruptiva, formando montañas submarinas e incluso islas, como en el caso de Islandia. La dorsal del Océano Pacífico no está centrada, carece de valle axial y su velocidad de expansión en algunos sectores supera hoy los 20 cm/año.

Puntos Calientes.- Son focos magmáticos que corresponden probablemente a fuertes anomalías térmicas localizadas en la base del manto superior. A esta profundidad, el foco permanece estable, mientras que las erupciones a que da lugar se sitúan sobre una placa en movimiento. Esto hace que sólo las erupciones actuales se encuentren enraizadas en el punto caliente, mientras que los productos de las anteriores erupciones se encuentran a muchos kilómetros, alineados en la dirección que ha seguido la placa al desplazarse. La cadena de islas y montañas submarinas Hawaii-Emperador es un buen ejemplo.

Oceanic Ridges.- *Oceanic ridges are volcanic cordilleras in the middle of the oceans. They follow the line separating the continental masses before the supercontinent, Pangea, broke up some 200 million years ago. They are found, therefore, on the boundaries of diverging plates. Below these ridges, the asthenosphere is close to the surface; pushed up by convection currents. This process facilitates the generation and ascent of magmas, therefore generating oceanic crust. This generation of oceanic crust and consequent expansion of the oceans and continental drift have not always taken place at the same rate, and today the same is true for different ridges. The Atlantic ridge, which expands slowly (~ 2 cm/year) has a wide axial valley some 30 km across, in which from time to time there is major eruptive activity, forming submarine mountains or even islands, like Iceland. The Pacific ridge is not central, has no axial valley and in some areas is expanding at more than 20 cm/year.*

Hot Spots.- *Hot Spots are probably caused by strong thermal anomalies in the base of the upper mantle. At this depth, the point of anomaly is stable, while the eruption it causes take place on a moving plate. This means that only the present eruptions are linked to the hot spot, while the products of previous eruptions are kilometres away, aligned with the direction in which the plate is moving. The chain of islands and submarine mountains Hawaii-Emperor is a good example of this.*

Arcos de Islas y Márgenes Continentales Activos.- Los arcos insulares son cadenas de islas cuya disposición geométrica arqueada responde a la progresiva subducción de corteza oceánica bajo una corteza de igual naturaleza. Se localizan, por tanto, sobre bordes de placas convergentes. Un proceso similar determina el volcanismo de las cordilleras orogénicas del tipo andino, situadas en un margen continental activo bajo el que subduce un frente de corteza oceánica. Casi todas las cadenas de islas volcánicas del Pacífico Septentrional, Oriental y Meridional, así como de las Antillas y las islas del Egeo son arcos insulares. Los volcanes de Márgenes Continentales Activos se extienden desde las Montañas Rocosas en N. América hasta los Andes Meridionales.

Rifts.- Son fosas o depresiones alargadas que tienen su origen en hundimientos de bloques corticales a lo largo de grandes fallas en importantes procesos distensivos. Los mayores Rifts son los Africanos, con volcanes activos como el Nyragongo.

Plataformas Basálticas.- Conocidas también como plateaux basálticos, son apilamientos de coladas basálticas muy fluidas, generadas en voluminosas erupciones fisurales y ocurridas mayoritariamente durante el Crétacico, como el Dekan, en la India (500.000 km²); Paraná, en el Brasil (400.000 km²); Etiopía (750.000 km²); Suráfrica, Australia, Antártida, Groenlandia, Patagonia, Siberia, Estados Unidos, etc.

Island Arcs & Active Continental Margins.- *Island arcs are chains of islands formed by progressive subduction of one oceanic crust under another. They are found, therefore, on the boundaries of convergent plates. A similar process determines the kind of volcanism of Andean type orogenic cordilleras, situated on an active continental margin below which an oceanic crust subducts. Almost all of the volcanic island chains of the north, east and south Pacific, as well as the volcanic West Indies and Egean islands are island arcs. The volcanoes of the active continental margins range from the Rocky Mountains in N. America to the southern Andes.*

Rifts.- *Rifts are pits or long depressions which are formed by the sinking of crustal blocks along severe faults. The largest rifts are in Africa with volcanoes such as the Nyragongo.*

Basaltic Plateaux.- *These basaltic platforms are piles of very fluid basalt lava flows, generated in voluminous eruptions, usually during the Cretaceous. Examples of basaltic platforms are: Dekan, India (500,000 km²); Paraná, Brazil (400,000 km²); Ethiopia (750,000 km²); South Africa, Australia, Antarctic, Greenland, Patagonia, Siberia, The United States, etc.*

VOLCANES DEL MUNDO / VOLCANOES OF THE WORLD

La sala de Volcanología está presidida por un gran mural interactivo, donde puede obtenerse una información visual esquemática sobre los siguientes temas, algunos de los cuales acabamos de ver y que se desarrollan en el monitor adjunto al mural..

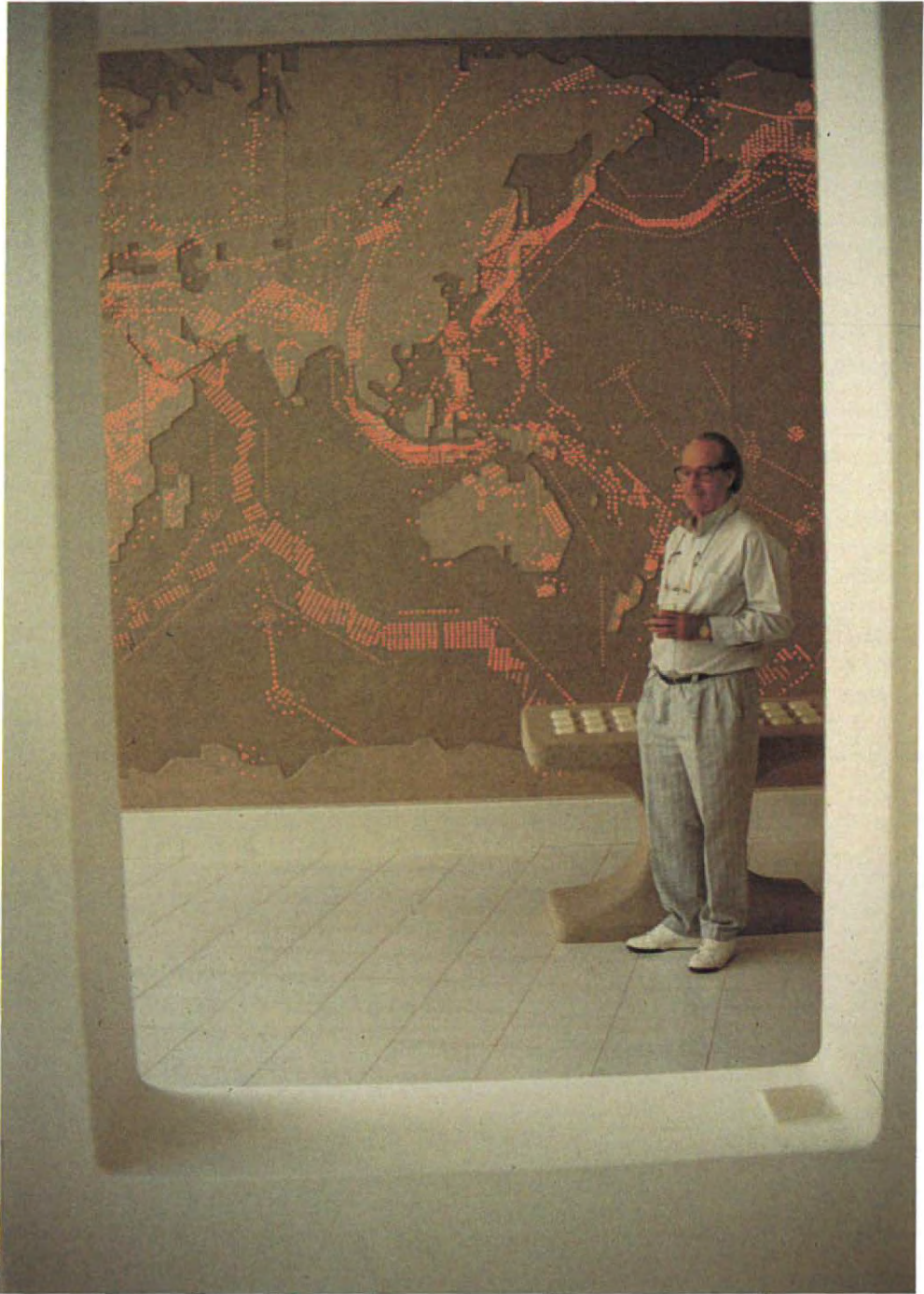
- Localización de Erupciones en época histórica agrupadas en períodos temporales: anteriores al año 1500, 1500-1800, 1800-1850, 1850-1875, etc.
- Erupciones muy posibles en el siglo XXI.
- Grandes Terremotos. Zonas sísmicas.
- Plataformas basálticas.
- Dorsales Medio-Oceánicas.
- Arcos de Islas. Cinturón de Fuego del Pacífico.
- Alineaciones de islas y volcanes submarinos sobre Puntos Calientes.
- Rifts Continentales.
- Observatorios e Instalaciones Permanentes para la Vigilancia de Erupciones.
- Espacios Naturales Patrimonio de la Humanidad (como la isla de La Gomera).

En la página siguiente, junto a este mural, se encuentra su creador Jesús Soto, al que también se debe la concepción arquitectónica y ambiental de la C.V.

The Hall of Volcanology houses an interactive mural where visual information on the following topics can be obtained, sometimes from the monitor next to it:

- *Location of historic eruptions, grouped in time periods: before 1500, 1500-1800, 1800-1850, 1850-1875, etc.*
- *Probable eruptions in the 21st century.*
- *Large earthquakes. Seismic zones.*
- *Basaltic platforms.*
- *Mid-Oceanic ridges.*
- *Island Arcs. The Ring of Fire of the Pacific.*
- *Hot Spots (showing lineaments of islands and submarine volcanoes).*
- *Continental Rifts.*
- *Observatories and Permanent installations for Eruption surveillance.*
- *Natural heritage parks (like the island of La Gomera).*

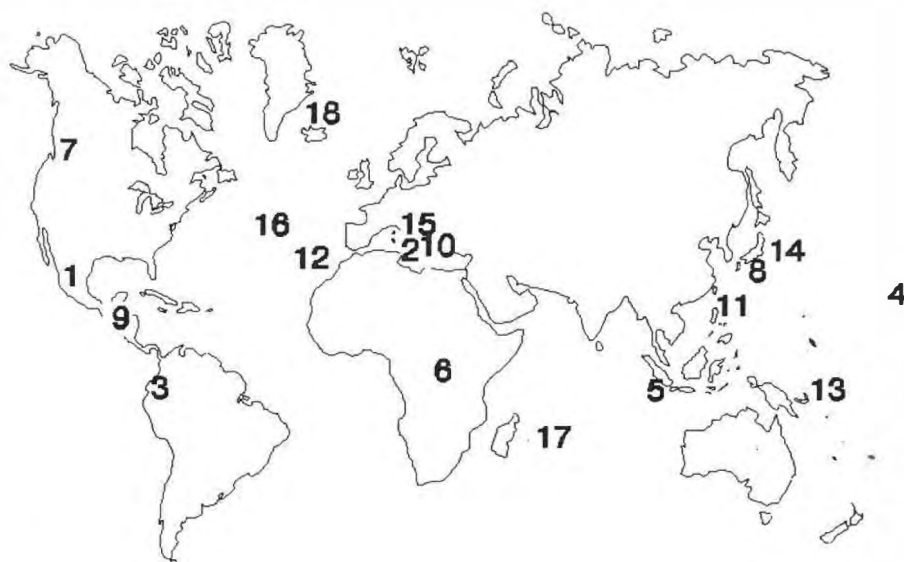
On the following page, next to the mural, is Jesús Soto, its creator and the responsible of the environmental and architectonic concepts of the C.V.



A la derecha del gran mural central, en otro mapamundi, se localizan los cinco Volcanes Laboratorio Europeos en los que la UE ha financiado un gran proyecto coordinado de investigación volcanológica. También se indican 15 Volcanes de la Década, que han sido seleccionados, por su interés y por los trabajos de investigación que en ellos se desarrollan, en el decenio (1990-2000) declarado por la ONU como "Decenio para la mitigación de los Desastres Naturales". Asimismo, en este panel están las mayores catástrofes volcánicas y algunos volcanes que se mantienen hoy con actividad casi continua, aunque no catastrófica. También se indica en este mapa, la situación de los principales volcanes activos, en el mismo día que el visitante recorre estas instalaciones. Más información sobre estas erupciones actuales se encuentra en el adjunto monitor interactivo, que también ofrece datos sobre las grandes erupciones catastróficas y otros famosos volcanes, especialmente sobre los Volcanes de la Década. (En las páginas siguientes incluimos fotografías de algunos de estos volcanes).

On another world map, to the right of the central panel, you can see the location of the 5 European Laboratory Volcanoes in which the EU has financed a large scale volcanological research project. The 15 Decade Volcanoes are also marked. These have been selected for their interest and research being carried out there in the decade, 1990-2000, which was declared by the UN as "International Decade for Natural Disasters Reduction (IDNDR)". This map also displays some of the worst volcanic catastrophes and some volcanoes which are today in almost constant eruption, although not with catastrophic consequences. The volcanoes which are active on the day of your visit are also marked. Further information on these present day eruptions can be found on the interactive monitor next to the world map. You can also find out more about the great catastrophic eruptions and other famous volcanoes, in particular the Decade Volcanoes. (Some photos of these are on the following pages).

<p style="text-align: center;">LAS MAYORES ERUPCIONES CATASTRÓFICAS <i>THE LARGEST CATASTROPHIC ERUPTIONS</i></p>	<p style="text-align: center;">VOLCANES EN CASI CONTINUA ACTIVIDAD ACTUAL <i>VOLCANOES WHICH ARE AT PRESENT ALMOST CONSTANTLY ACTIVE</i></p>
<p>KRAKATOA (Indonesia) año 1883. Tsunami: 35.000 víctimas <i>year 1883. Tsunami: 35,000 fatalities</i></p>	<p>STROMBOLI (I. Eolias, Italia)</p>
<p>Mt. PELE (Antillas) año 1902. Nube ardiente: 29.000 víctimas <i>year 1902. Nubes ardentes: 29,000 fatalities</i></p>	<p>SAKURAJIMA (I. Kiushu, Japón)</p>
<p>NEVADO DEL RUIZ (Colombia) año 1985. Lahar: 25.000 víctimas <i>year 1985. Mud flows: 25,000 fatalities</i></p>	<p>KILAUEA (I. Hawaii, EEUU)</p>



Volcanes de la Década Internacional para la Mitigación de los Desastres Naturales (1990-2000)		<i>Volcanoes of the International Decade for the Mitigation of Natural Disasters (1990-2000)</i>
1 Colima, México	6 Niragongo, Zaire	11 Taal, Filipinas
2 Etna, Italia	7 Rainer, USA	12 Teide, España
3 Galeras, Colombia	8 Sakurajima, Japón	13 Ulawun, Papua
4 Mauna Loa, USA	9 Santa María, Guatemala	14 Unzen, Japón
5 Merapi, Indonesia	10 Santorín, Grecia	15 Vesubio, Italia

Volcanes Laboratorio Europeos		<i>European Laboratory Volcanoes</i>
2 Etna (Sicilia, Italia)	10 Santorín (I. Cíclades, Grecia)	17 Pitón de la Fournaise (I. Reunión, Francia)
12 Teide (I. Canarias, España)	16 Furnas (I. Azores, Portugal)	18 Krafla (Islandia)



Volcanes Laboratorio Europeos / *European Laboratory Volcanoes.*
Etna (arriba / *top*). Pitón de la Fournaise (debajo / *bottom*).



Volcanes Laboratorio Europeos / *European Laboratory Volcanoes.*
Furnas (arriba / *top*). Santorini (debajo / *bottom*).

ISLAS CANARIAS / CANARY ISLANDS

Otros dos murales de Jesús Soto, atraen la atención del visitante hacia los correspondientes monitores interactivos en los que se informa sobre la "Geología de las Islas Canarias" (izquierda) y sobre el "Riesgo Volcánico en Canarias" (derecha).

Las Islas Canarias, situadas a menos de 100 km de la costa noroccidental africana, reflejan una larga historia magmática que se inició en los fondos oceánicos hace más de 40 millones de años, aunque su aparición sobre el nivel del mar es mucho más reciente, como se refleja en la primera columna ("edad") del cuadro adjunto.

Esta prolongada actividad volcánica en un **margen continental pasivo** (es decir, sin la actividad geodinámica que se asocia a los bordes de placa), hacen del Archipiélago Canario una zona especialmente importante en la geodinámica y el volcanismo global. Una hipótesis consistente (Araña y Ortiz, 1981) relaciona este singular volcanismo con un levantamiento de bloques litosféricos, en el marco de la expansión del Océano Atlántico, coincidiendo con la colisión de las placas Africana y Europea.

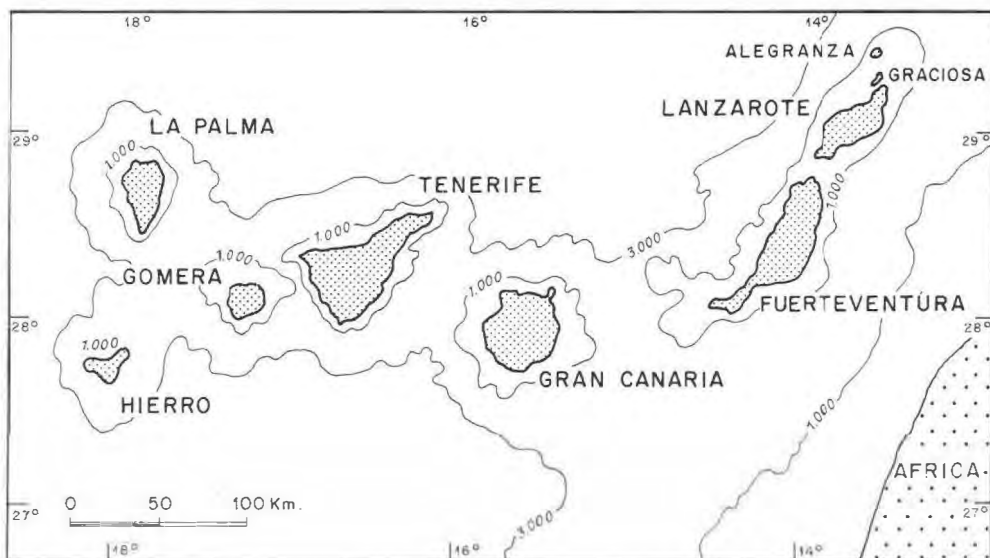
El volcanismo canario tiene los rasgos típicos de las islas oceánicas, y sus episodios magmáticos mayores corresponden a lo que se denomina genéricamente como Complejos Basales, Series Basálticas (Antiguas y Recientes) y Series Sáficas asociadas a los grandes edificios centrales o estratovolcanes.

Another two murals by Jesús Soto can be seen here, alongside the corresponding interactive displays which explain the "Geology of the Canary Islands" (left) and "Volcanic Risk on the Canaries" (right).

The Canary Islands, less than 100 km from the northwest coast of Africa, have a long magmatic history which began at the bottom of the ocean more than 40 million years ago. However, they did not appear above the sea until much more recently, as can be seen in the first column ("age") of the table.

This extended volcanic activity in a passive continental margin (i.e. without the geodynamic activity associated with plate boundaries) made the Canarian Archipelago an specially interesting area for the global geodynamics and volcanism. A solid hypothesis (Araña & Ortiz, 1981) relates this peculiar volcanism with an uplift of the lithospheric blocks, in the frame of the Atlantic Ocean expansion and coinciding with the collision of the African and European plates.

Canarian volcanism is typical of oceanic islands, and its magmatic episodes correspond to the generically named Basal Complexes, Basaltic Series (Ancient and Recent) and Salic Series associated with large central edifices or stratovolcanoes.



Mapa de las Islas Canarias, donde se indican las isobatas de 1.000 y 3.000 m..
 Map of the Canary Islands. 1,000 and 3,000 m isobaths are indicated.

	edad/age (M.a.)*	extensión/ surface area (Km ²)	altura máxima/ maximum altitude (m)
Lanzarote	17	846**	670
Fuerteventura	24	1.655	807
Gran Canaria	14	1.560	1.950
Tenerife	16	2.034	3.718
Gomera	10	370	1.340
La Palma	5	708	2.428
El Hierro	0.5	2.69	1.501

* millones de años (M.a.) / millions of years (M.a.)

** incluyendo los islotes situados al N de la isla / including the islets:
 Graciosa, Alegranza, Montaña Clara

Los Complejos Basales afloran sólo en tres islas cuyos sustratos han experimentado importantes levantamientos (La Palma, Gomera y, especialmente, Fuerteventura). Están constituidos por sedimentos cretácicos y lavas submarinas intruidas por rocas plutónicas que pueden ser las raíces del volcanismo posterior.

Las Series Basálticas Antiguas se caracterizan por la emisión de grandes volúmenes de magma en pulsos eruptivos relativamente cortos (entre 100.000 y 200.000 años). Están constituidos por apilamientos de coladas, con intercalaciones piroclásticas, que alcanzan centenares de metros de altura y gran extensión, formando escudos y plataformas.

Las Series Basálticas Recientes están asociadas a volcanes que suelen alinearse siguiendo ejes volcánico-tectónicos regionales o locales, constituyendo cordilleras dorsales en islas como La Palma, Hierro y Tenerife. En las Series Basálticas Recientes se incluyen las erupciones históricas que han tenido lugar en Lanzarote, Tenerife y La Palma (ver tabla en página 55), aunque otras erupciones prehistóricas o muy recientes han ocurrido también en Hierro, Gran Canaria y Fuerteventura, por lo que todo el archipiélago, excepto la isla de La Gomera, puede considerarse activo.

Sólo en Gran Canaria y Tenerife se formaron edificios centrales (estratovolcanes) con erupciones violentamente explosivas, que culminaron en la generación de calderas (Teide/Cañadas, en Tenerife, y Roque Nublo/Tejeda, en Gran Canaria). Esto se debe a que bajo estas islas se emplazaron grandes cámaras magmáticas, donde los magmas basálticos profundos se detienen temporalmente y evolucionan dando lugar a magmas sálicos.

The Basal Complexes crop out only on three island which have undergone strong uplifts (La Palma, La Gomera and, especially, Fuerteventura). They are made up of Cretaceous sediments and submarine lavas which are intruded upon by plutonic rocks, possibly the roots of later volcanism.

The Ancient Basaltic Series are made up of shields and platforms; their subaerial episodes are characterized by the emission of huge quantities of magma in relatively short eruptive pulses (between 100,000 and 200,000 years). They are formed by piled lava flows, mixed with pyroclasts, which form shields and platforms of hundreds of metres thick.

The Recent Basaltic Series are associated with volcanoes that are aligned along volcano-tectonic axes, forming volcanic ridges like those on La Palma, Hierro and Tenerife. Historic eruptions have taken place on Lanzarote, Tenerife and La Palma (see table in page 55), although prehistoric eruptions have also taken place on Hierro, Gran Canaria and Fuerteventura. For this reason, the whole archipelago, except La Gomera, is considered active.

Central edifices (stratovolcanoes) have only formed on Gran Canaria and Tenerife with abundant salic manifestations, violently explosive, which culminated in the formation of calderas (Teide/Cañadas on Tenerife and Roque Nublo/Tejeda on Gran Canaria). This is due to great magmatic chambers existing under these islands where the deep basaltic magmas stop temporarily and evolve, giving rise to salic differentiates.



La gran variedad del Volcanismo Canario hace que cada isla sea diferente y representativa de determinados procesos y estructuras volcánicas, como puede verse en las fotografías de las siguientes páginas.

En Fuerteventura destacamos el Complejo Basal y los numerosos diques, así como algunas intrusiones sálicas, como este pitón traquíutico de la Montaña Tindaya.

*The great variety of **Canarian** Volcanism makes each island unique and representative of different volcanic processes and structures, as can be seen in the photos on the following pages. In Fuerteventura, the most important volcanic structures are the Basal Complex, a dense dike network and also some salic intrusion, as this trachyutic neck of Montaña Tindaya.*



Esta fotografía de un barranco del Sur de Gran Canaria refleja una intensa erosión propiciada por importantes levantamientos. En esta isla hay vestigios de grandes calderas y también de masivos deslizamientos de tierra.

En Tenerife destaca el gran edificio Central culminado por la gigantesca caldera de las Cañadas (16 x 9 Km, con una profundidad máxima de 600 m), en cuyo borde Norte se eleva el volcán Teide hasta los 3.718 m desde la base de la Caldera (~1.200 m). En la página siguiente vemos una vista de este volcán desde la pared meridional de la caldera, que aparece en primer término.

This picture of a ravine located at the southern part of Gran Canaria, reflects an intense erosion promoted by an important uplift process. In this island, there are reminders of big calderas and also of massive landslides.

At Tenerife the most characteristic feature is the big central edifice culminated by the huge "Caldera de Las Cañadas" (16 x 9 Km, with a maximum depth of 600 m). In the northern edge of the Caldera, the Teide volcano rises till an altitude of 3,718 m from. In the next page there is a view of this volcano from the meridional wall of the caldera, that appears in the front.



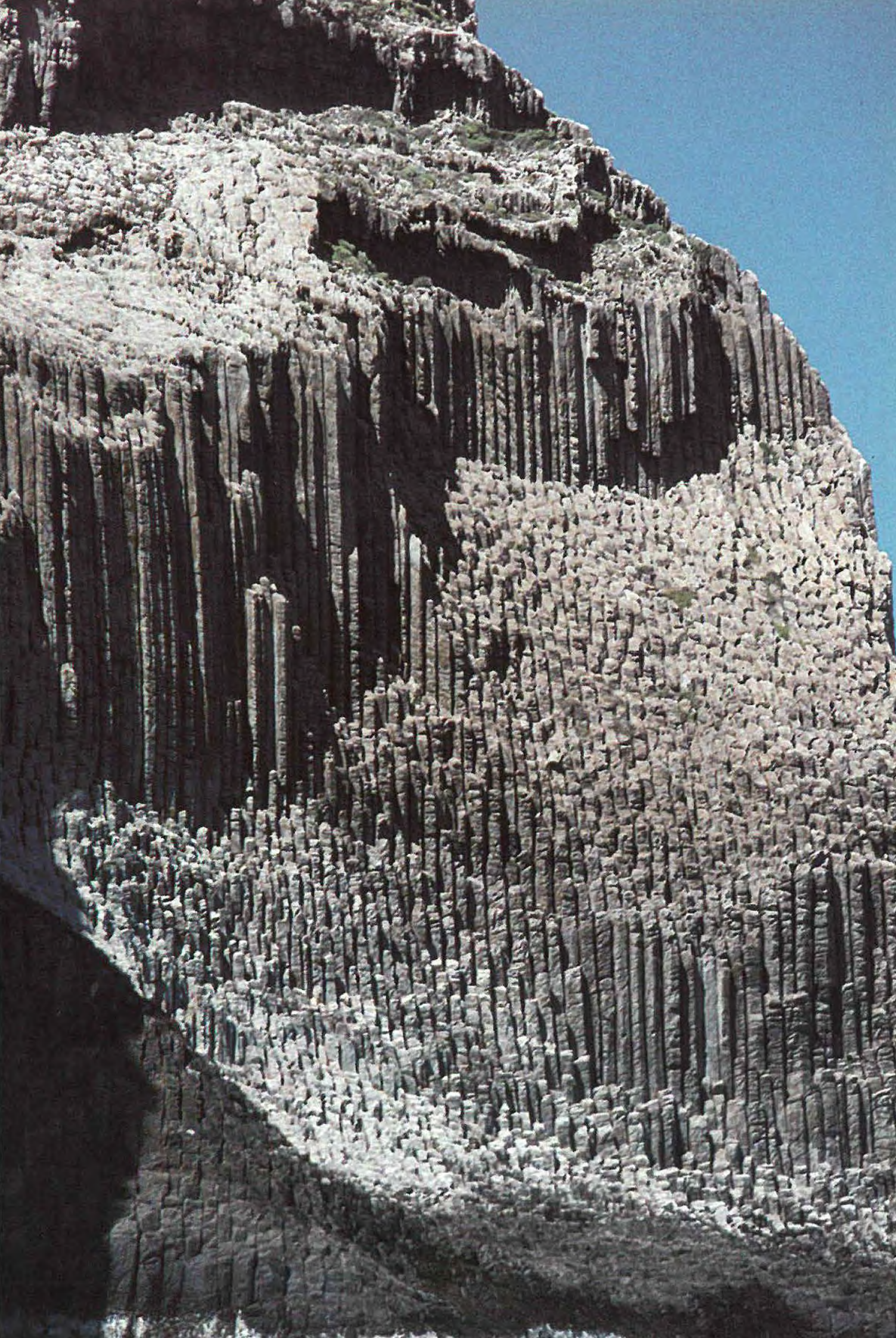


En la isla de El Hierro, los ejes volcano-tectónicos están muy bien definidos, condicionando el desarrollo de grandes deslizamientos que configuran escarpes como el de El Golfo que vemos en esta fotografía.

En la Gomera, única isla sin volcanismo activo desde hace cinco millones de años, la erosión ha descarnado los conductos de antiguas emisiones, entre los que destaca el de los Organos (en página siguiente) por la gran belleza de su disyunción columnar.

The volcano-tectonic axes of El Hierro are well defined. They condition the great landslides which form the cliffs such as El Golfo (photo, top).

At La Gomera, the only island without active volcanism for the last five million years, erosion has uprooted conduits of ancient emissions, the most striking example of this is Los Organos (following page).





ISLAS CANARIAS: VOLCANISMO HISTÓRICO / HISTORIC VOLCANISM

Siglos / Centuries	La Palma	Tenerife	Lanzarote
XIV		Teide ? (1341,1393)	
XV	Tacande? (?)	Horca (1430) Teide? (1492)	
XVI	Tahuya (1585)		
XVII	Tigalate (1646) S. Antonio (1677-78)		
XVIII	El Charco (1712)	Siete Fuentes, Fasnía, Arenas de Güimar, M. Negra-Garachico (1705-1706) Chahorra-Teide (1798)	Timanfaya o Montañas del Fuego (1730-36)
XIX			Tao, Fuego, Tinguatón (1824)
XX	S. Juan, Manchas Hoyo Negro (1949) Teneguía (1971)	Chinyero (1909)	

Las características de las erupciones históricas en Canarias constituyen la base para determinar la posibilidad y entidad de una futura crisis volcánica en el Archipiélago. El simple hecho de que se hayan producido erupciones en varias islas durante los últimos 500 años, obliga a considerar a las Islas Canarias en su conjunto como "área volcánica activa". Las erupciones históricas de Canarias han tenido siempre precursores que las anunciaron, han sido de corta duración y han producido escaso volumen lávico, si exceptuamos las del siglo XVIII en Lanzarote, que fueron excepcionales, considerando incluso el volcanismo prehistórico.

Como vemos en el cuadro, La Palma es la isla en la que han ocurrido más erupciones históricas. A la última de éstas (volcán Teneguía, 1971) corresponden las fotografías de la página anterior.

The characteristics of the historic eruptions in the Canaries give us the basis for determining the possibility and the type of a future volcanic crisis in the Archipelago. The simple fact that there have been eruptions on several islands over the last 500 years, makes us consider the Canary Islands an "active volcanic area". The historic eruptions in the Canaries have always had precursors which gave prior warning, they have always been short and have produced a small quantity of lava, except the eruption of the 18th century on Lanzarote which was exceptional even for prehistoric standards.

As can be seen in the table, La Palma is the island where most historic eruptions have taken place. The most recent of these (the volcano Teneguía, 1971) can be seen in the photographs on the previous page.

Desde 1971 no se ha detectado ningún síntoma que advierta sobre una posible erupción en el Archipiélago. La inactividad volcánica define por tanto la situación actual. Esta inactividad, en cuanto a erupciones explosivas, que podrían ser más peligrosas, se mantiene desde hace 2.000 años (erupción de Montaña Blanca, en la base del Teide, Tenerife).

En comparación con otras áreas volcánicas activas, el riesgo volcánico en Canarias es relativamente bajo, como se deduce de la probabilidad y peligrosidad de erupciones en cada isla. Por otra parte, la aplicación de tests aceptados internacionalmente también indica valores bajos de riesgo tanto para las áreas con volcanismo disperso en cualquier isla como para el volcán Teide, en Tenerife.

En cuanto a la prevención del riesgo volcánico, sus dos vertientes: Protección Civil y Equipamiento Científico se encuentran al nivel de los países más desarrollados y preparados. Las autoridades de Protección Civil cuentan con los medios adecuados y sus actuaciones están claramente reguladas, tanto para casos de crisis como para los períodos de inactividad volcánica. El equipamiento científico también está diseñado para afrontar eficazmente la predicción y seguimiento de una posible crisis, disponiendo de las tecnologías más avanzadas (ver esquema adjunto).

En la vigilancia de volcanes es importante la colaboración científica internacional, que garantiza el intercambio de datos y experiencias, a la vez que se fomenta el uso conjunto y coordinado de un complejo equipamiento e información multidisciplinar. En la foto adjunta vemos a los responsables de los Proyectos de Investigación de los Volcanes Laboratorio Europeos, reunidos en la Casa de Los Volcanes el año 1989.

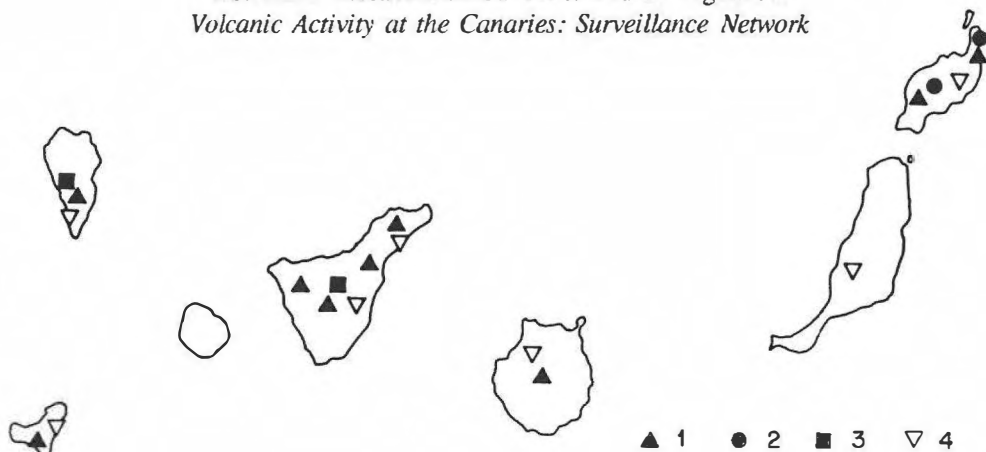
Since 1971 there have been no symptoms of a possible eruption in the archipelago. The present situation is therefore one of volcanic inactivity. This inactivity, with regards to highly dangerous explosive eruptions has gone on for 2000 years (eruption of Montaña Blanca, at the base of Teide, Tenerife).

In comparison with other active volcanic areas, the volcanic risk in the Canaries is relatively low, when taking into account the probability and danger of eruptions on each island. On the other hand, internationally accepted tests also give low risk values for the disperse volcanism of any island and for the volcano Teide, on Tenerife.

The prevention of volcanic risk counts on two factors: Civil Protection and Scientific Equipment, both of which are on a par with the most developed and prepared countries. The Civil Defense authorities have the necessary means and their involvement is strictly regulated, both in times of crisis and in times of volcanic inactivity. The scientific equipment is designed to efficiently predict and monitor possible crises and is of the highest technology (see diagram).

For volcanic surveillance, its important to have the international scientific collaboration in order to guarantee the data and experience exchange. In the adjoining photograph the responsables of the European Laboratory Volcanoes research projects can be seen at a meeting held on C.V. in 1989.

Actividad Volcánica en Canarias: Red de Vigilancia
Volcanic Activity at the Canaries: Surveillance Network



- Gobierno de Canarias y Consejo Superior de Investigaciones Científicas /
Canary Is. Government and National Research Council (CSIC)

1. Red Sísmica / *Seismic Network*

2. Laboratorios de la Estación Geodinámica / *Geodynamic Station Laboratories*

3. Redes Geodésicas y Gravimétricas / *Geodetic and Gravimetric Networks*

- Instituto Geográfico Nacional (IGN) / *National Geographic Institute*

4. Red Sísmica Regional / *Regional Seismic Network*



SALAS DE ECOLOGÍA / HALL OF ECOLOGY

Desde el fondo de la galería de exposiciones temporales se sale a un pasillo exterior para subir a la planta alta, donde se desarrolla la temática medio ambiental. Estos aspectos biológicos del ecosistema insular se han incorporado con posterioridad a la base volcanológica del Centro tras la declaración de Lanzarote como Reserva de la Biosfera, por la UNESCO, a finales de 1993. Estas circunstancias hacen que toda la planta superior tenga todavía un carácter provisional, aunque se han instalado algunos módulos informativos en varias salas.

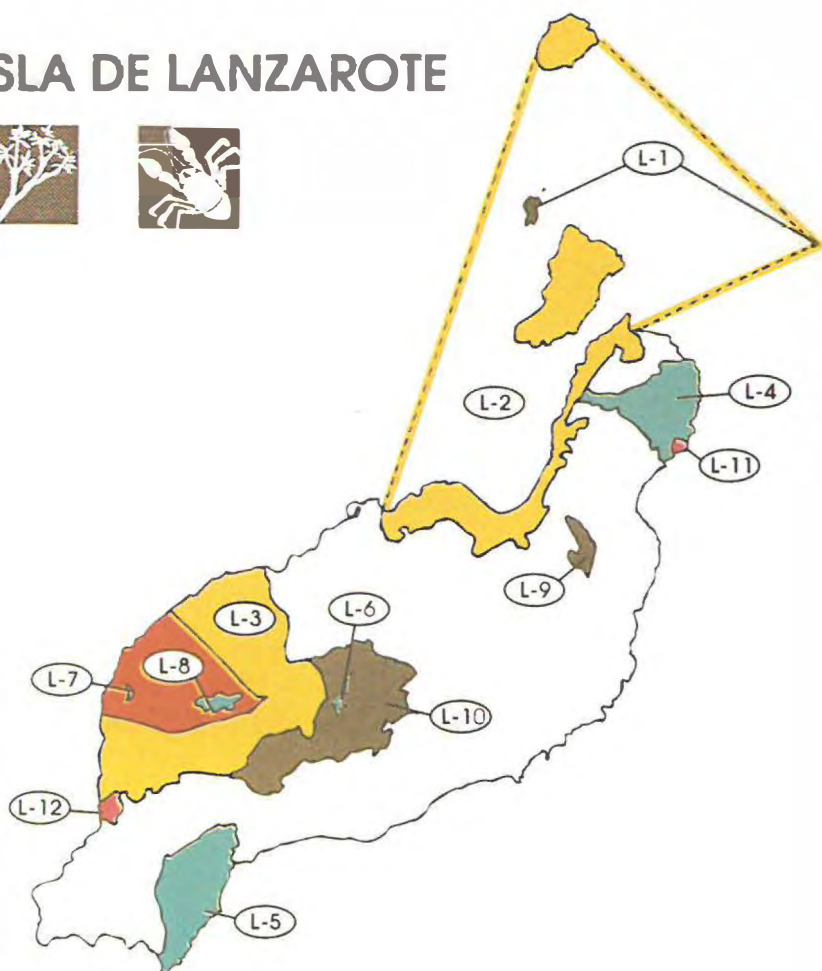
El hilo conductor de esta sección de La Casa de Los Volcanes será la gestión medio-ambiental en el Archipiélago, destacando los modelos de desarrollo sostenible. Desde esta planta se accede a una terraza panorámica con la que se ha pretendido integrar plenamente todo el entorno al ámbito interpretativo del Centro. En efecto, la terraza no sólo está volcada sobre las instalaciones turísticas de Jameos del Agua, sino que desde ella se divisa un variado paisaje desde la costa a las cumbres de Famara, con el volcán de La Corona, zonas agrícolas, poblaciones costeras, barrancos, malpaís..., es decir: el ecosistema insular. Una prueba del respeto de los lanzaroteños por su medio ambiente es el grado de protección que reciben distintos espacios naturales en toda la isla, como se aprecia en el mapa adjunto.

Aunque en esta Guía de la C.V. hemos querido centrarnos sólo en temas volcanológicos, las siguientes páginas reflejan algunos aspectos biológicos de la isla, así como las actividades humanas, sobre las que se informará en estas salas.

From the back of the temporary exhibition gallery visitors can go through an outside passageway to go up to the top floor where there is environmental material. These biological aspects of the island ecosystem have been incorporated after the volcanological part of the centre, when Lanzarote was declared a Biosphere Reserve, by the UNESCO, at the end of 1993. This part of the centre is still, therefore, provisional, although some informative displays have been placed in some halls. The theme that all the permanent exhibits here will have is that of environmental management of the islands, especially models of sustainable development. From this floor the visitors can go out onto a panoramic balcony where all the aspects mentioned above can be seen. Not only does it look out on the installations of Jameos del Agua, but you can also see a varied landscape from the coast to the peaks of Famara, the volcano of La Corona, agricultural areas, coastal villages, ravines, lava flows - the ecosystem of the island. A sign of respect that the Lanzaroteans have for their environment is the degree of protection that several natural areas on the island receive (see map).

Although in this Guide to the C.V. we have wanted to focus on volcanology, the following pages show some of the biological items of the island and also some of the human activities that these halls will present.

ISLA DE LANZAROTE



- L-1 Reserva Natural Integral de Los Islotes
- L-2 Parque Natural del Archipiélago Chinijo
- L-3 Parque Natural de Los Volcanes
- L-4 Monumento Natural de La Corona
- L-5 Monumento Natural de Los Ajaches
- L-6 Monumento Natural de la Cueva de Los Naturalistas

- L-7 Monumento Natural del islote de Halcones
- L-8 Monumento Natural de Montañas de Fuego
- L-9 Paisaje Protegido de Tenegüime
- L-10 Paisaje Protegido de La Geria
- L-11 Sitio de Interés Científico de Los Jameos
- L-12 Sitio de Interés Científico del Janubio



La vida en los terrenos volcánicos canarios se inicia con la colonización por líquenes, como el que vemos en esta fotografía, arraigando en una capa de lapilli.

En Lanzarote, el clima no es propicio para la vegetación, que es muy escasa. Sin embargo, el agricultor ha conseguido con gran esfuerzo desarrollar una agricultura singular. En la Geria (fotos de la página siguiente) se excavan hoyos en el lapilli para que las raíces de las vides alcancen el suelo fértil sepultado por las erupciones. El mismo hoyo las protege del viento, o se construyen paredes circulares en torno a cada planta.

Life in Canarian volcanological terrain begins with the colonization by lichens, as can be seen in this photograph, in a layer of lapilli.

The weather of Lanzarote is not ideal for the growth of vegetation, which is very scarce. However, farmers have got, with great effort, to develop a singular agriculture. In La Geria (photos on the next page) holes are dug in the lapilli to allow the vine roots to reach the fertile ground below. The hole, or circular walls, protect the plants from the wind.





La actividad industrial tradicional de Lanzarote está en gran parte relacionada con la pesca, como lo está también la tradición salinera (sobre estas líneas: Salinas de Janubio).

Hoy la principal industria es el turismo, que Lanzarote ha sabido compaginar con la protección de su paisaje y de sus recursos naturales, integrando armoniosamente las instalaciones turísticas de máximo nivel.

En la página siguiente, vista aérea de una de las últimas obras de César Manrique: El Jardín de Cactus y labores agrícolas, cerca de Tinajo.

A large part of the traditional industry of Lanzarote revolves around fishing and salt production (see photo of the Saltworks of Janubio).

Nowadays, the main industry is tourism which Lanzarote has managed to combine with the preservation of its natural resources and landscape.

Following page: aerial view of one of the last creations of Cesar Manrique: The Cactus Garden and agricultural works, near Tinajo.



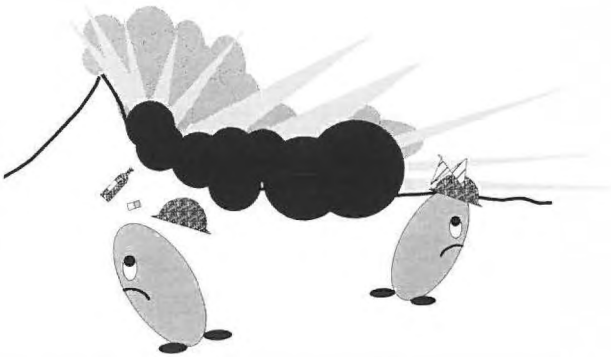
ACTIVIDADES Y SERVICIOS / ACTIVITIES AND OTHER SERVICES

La Casa de Los Volcanes es la sede de "Lanzarote Reserva de la Biosfera" y de la "Central de Datos de la Estación Geodinámica". También está conectada con los principales Observatorios Volcanológicos del mundo y recibe información de la actividad volcánica en cualquier punto del Planeta. Dispone asimismo de una Biblioteca especializada en temas del Volcanismo y Medioambiente de las Islas Canarias, así como de un aula y sala de reuniones. Todos estos medios se utilizan en programas educativos, dirigidos a los jóvenes estudiantes que visitan la C.V. en el marco de su actividad escolar.

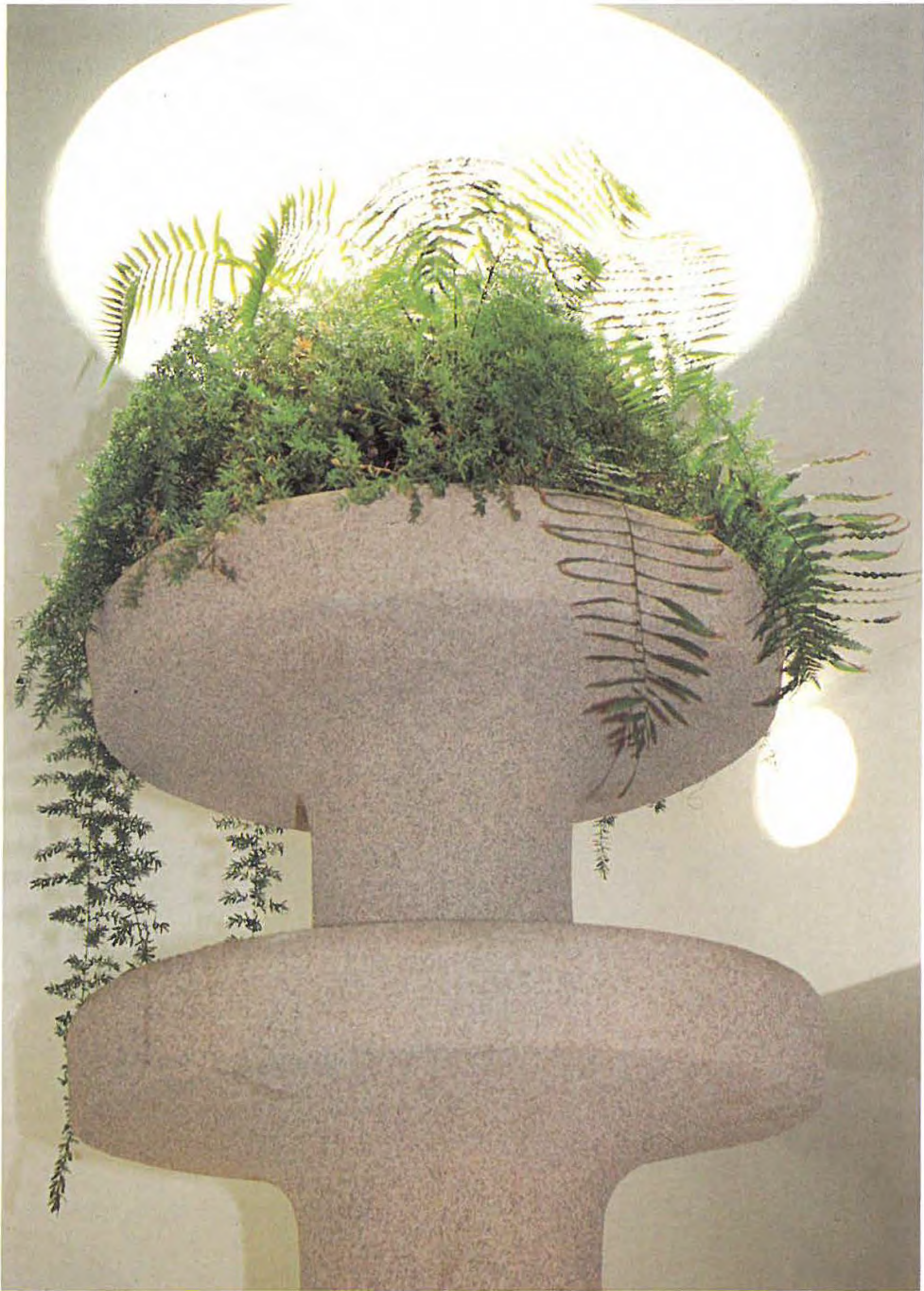
La C.V. apoya con su infraestructura la investigación volcanológica y las frecuentes reuniones científicas que se celebran en sus instalaciones, destacando el Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica, que se desarrolla anualmente, organizado por el Dpto. de Volcanología del CSIC. También con el apoyo de este Dpto., que lleva la gestión científica del Centro, la C.V. produce material didáctico y de divulgación, así como una Serie que recoge trabajos de investigación.

We have already said that the C.V. is the headquarters of the "Data Centre of the Geodynamic Station" and the "Lanzarote Biosphere Reserve". It is also linked to the main Volcanological Observatories in the world and receives information on volcanological activity anywhere on the planet. It also houses a specialist library on Volcanology and the Environment of the Canaries, a classroom and meeting rooms. All of these things are used in educational programmes for school children who visit the C.V.

The C.V. supports with its infrastructure, volcanological research and frequent scientific meetings which are held at its installations. The most notable of these is the annual International Course of Volcanology and Geophysics, which is organized by the Volcanology Dept. of the CSIC. With the aid of this Dept., which carries out the Scientific Direction of the center, the C.V. produces didactic material, and a Series which publishes research.



Viñeta de un cómic de R. Ortiz producido por la C.V.
Vignette of a comic by R.Ortiz produced by C.V.



Un rincón de la C.V. / *A corner of the C.V.*

Mapa de la isla de Lanzarote con los sectores afectados por la erupción de 1730-1736
(Archivo de Simancas). →

*Map of the island of Lanzarote showing the areas affected by the eruption of 1730-1736
(Simancas Archive). →*

GUÍA VOLCANOLÓGICA DE LANZAROTE
FORMACIÓN DE CONOS Y COLADAS

*VOLCANOLOGICAL GUIDE OF LANZAROTE
THE FORMATION OF CONES AND LAVA FLOWS*



HISTORIA GEOLÓGICA / GEOLOGICAL HISTORY

Como todas las islas, Lanzarote tiene una etapa de crecimiento submarino sobre la que sólo tenemos datos indirectos, ya que no se han producido levantamientos recientes importantes que hagan aflorar rocas que en otra época se formaron o estuvieron bajo el nivel del mar. No obstante, un sondeo geotérmico de 2.700 m perforado en Lanzarote ha permitido identificar los últimos sedimentos (Paleoceno Medio-Superior) depositados con anterioridad a las primeras emisiones volcánicas submarinas (Oligoceno Medio-Inferior). La litología y estratificación de estos sedimentos indican un ambiente sedimentario típico de gran profundidad (turbiditas) y su edad (~ 60 millones de años) marca el inicio de un levantamiento de los fondos oceánicos en esta zona, poco después de que se materializase la colisión de las placas Africana y Europea.

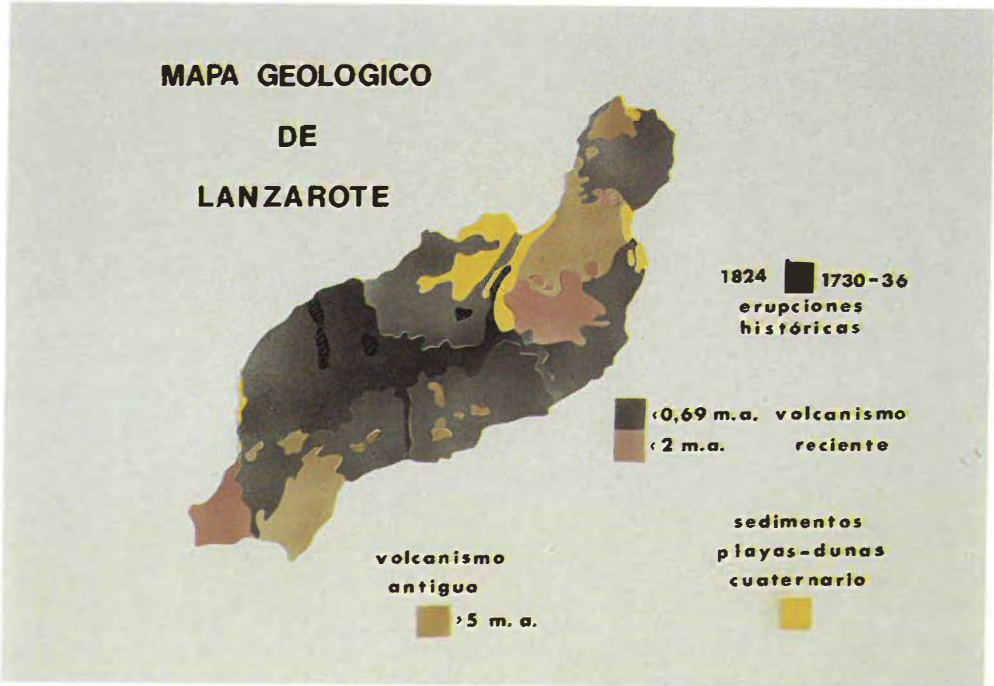
La isla, tal como la conocemos hoy, se inicia -al igual que en el resto del Archipiélago- con unas voluminosas erupciones que, a lo largo de varios millones de años, construyen en el Mioceno grandes escudos o plataformas, constituidas por el apilamiento subhorizontal de centenares de coladas, en las que se intercalan piroclastos y paleosuelos. Los restos ya erosionados de estas Series Basálticas Antiguas constituyen los macizos de Famara, al Norte (con tres períodos de máxima actividad en torno a los 10-8 m.a, 6 m.a y 4 m.a), y los Ajaches, al Sur (formados entre 12.5 y 15.5 millones de años).

El siguiente ciclo o período efusivo, que corresponde a las Series Basálticas Recientes, es ya Pleistoceno y puede decirse que continúa hasta la actualidad con erupciones dispersas, algunas de gran envergadura. Lógicamente, de los edificios formados hace 2 m.a o a principios del Cuaternario, sólo muy pocos están bien conservados. Especial atención merecen las erupciones históricas, y sus secuelas, que describiremos más adelante.

Like all of the islands, Lanzarote went through a period of submarine growth, of which we only have indirect data as there have been no recent upheavals to bring lower rocks to the surface. Nevertheless, a 2700 m borehole drilled in Lanzarote has made it possible to identify the last sediments (Middle-Upper Palaeocene) deposited before the first submarine volcanic emissions (Lower-Middle Oligocene). The lithology of these sediments indicates a typical deep sedimentary environment (turbidites) and their age (~ 60 million years) marks the beginnings of an oceanic uplift in the area, shortly after the collision of the African and European tectonic plates.

The island, as it is today, began - as did the whole archipelago - with massive eruptions that, over millions of years in the Miocene, formed huge shields and platforms. The eroded remains of these Ancient Basaltic Series, make up the massifs of Famara to the north (with three periods of maximum activity - 10-8 Ma, 6 Ma and 4Ma) and Ajaches in the south (formed between 12.5 and 15,5 million years ago).

The following cycle or efusive period, which corresponds to the Recent Basaltic Series began in the Pleistocene and is still going on today. Logically, of the edifices formed 2 million years ago or at the beginning of the Quaternary, few are well preserved. For this reason, the historic eruptions which we will describe later are of special interest.



Niños seleccionando información geológica sobre Lanzarote en la C.V.
Children selecting geologic information on Lanzarote at C.V.



Al NW de Lanzarote, se encuentran varios islotes volcánicos. El principal (La Graciosa) está habitado y sólo le separa de Lanzarote un brazo de mar conocido como El Río. Más alejados se encuentran Alegranza y Montaña Clara.

En esta fotografía vemos al fondo los acantilados de Famara, y en primer término la isla de La Graciosa.

There are several volcanic islets to the NW of Lanzarote. The largest of these (La Graciosa) is inhabited and is only separated from Lanzarote by a narrow strip of sea known as El Río (the River). The islets of Alegranza and Montaña Clara are further away.

In this photograph we can see the cliffs of Famara, and part of La Graciosa.



Mapa digital de Lanzarote, con La Graciosa y Alegranza.
Digital map of Lanzarote (together with) La Graciosa and Alegranza islets.

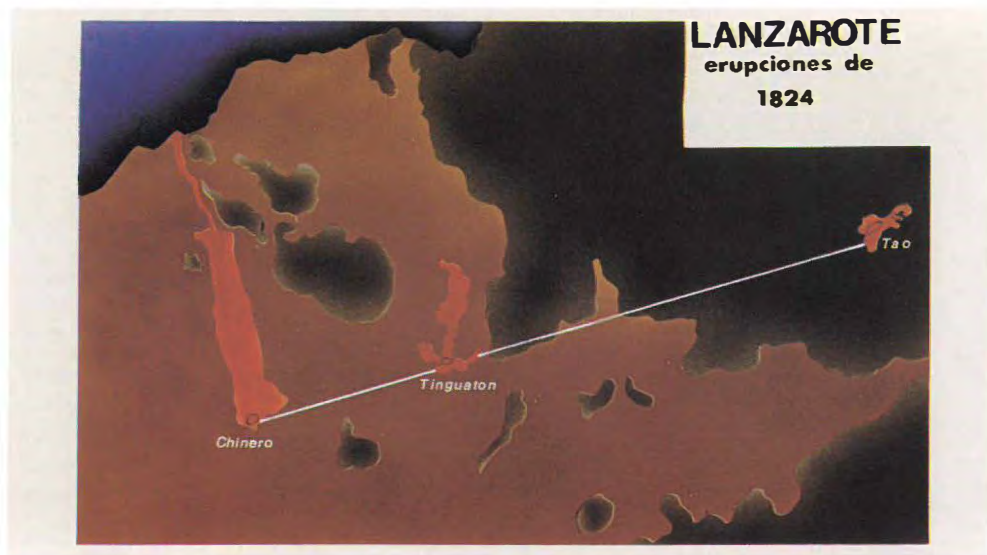
EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y PETROLOGÍA / STRUCTURAL EVOLUTION AND PETROLOGY

Un estudio tectónico de Lanzarote (Pasquaré et al., 1989) articula su compleja evolución estructural en varias fases, destacando, la penúltima en la que se produce el hundimiento del sector NW de la isla, y la última, en cuyo marco distensivo se generan las fracturas ENE-WSW por las que más tarde ascenderían los magmas de las erupciones históricas.

En cuanto a los rasgos petrológicos de las rocas volcánicas de Lanzarote, destaca la anomalía geoquímica (mayor riqueza en sílice) que presentan algunos de sus basaltos (ver Carracedo, Rodríguez, 1990, y Araña, Bustillo, 1992). Especial importancia tienen los xenolitos o enclaves incluidos en lavas recientes. Estos enclaves atrapados por el magma en su ascenso nos permiten conocer el sustrato insular a gran profundidad, ya que los xenolitos ultramáficos proceden de la zona del manto superior, donde se generan los magmas canarios, a unos 70 kilómetros de profundidad.

A tectonic study of Lanzarote (Pasquaré et al. 1989) separates the complex structural evolution into various phases. The penultimate and last phases were especially important as the former produced the sinking of the NW of the island, while the latter generated the ENE-WSW fractures where the magmas of historic eruptions would later ascend.

Petrologically, some of the basalts are noteworthy for their anomalous high content in silica (see Carracedo, Rodríguez, 1990, and Araña, Bustillo, 1992) Xenoliths or enclaves found in recent lava are especially important; some are trapped in the ascending magma which comes from the Upper mantle, some 70 km down.



Alineación de las bocas eruptivas que se abrieron en 1824
Alignment of the eruptive mouths that opened in 1824

VOLCANISMO HISTÓRICO / HISTORIC VOLCANISM

Las erupciones ocurridas en el área de Timanfaya entre los años 1730-1736 representan un episodio volcánico de gran magnitud, no sólo por su interés científico, sino porque ha sido una de las mayores erupciones basálticas que ha conocido el hombre. Las primeras fases eruptivas y el impacto social de esta erupción los narró con gran precisión un testigo presencial: D. Andrés Lorenzo Curbelo, cura de Yaiza. Esta narración, hoy perdida, la transcribe el prestigioso geólogo Eduardo Hernández Pacheco en el primer estudio volcanológico importante de la isla de Lanzarote. Entre los aspectos interesantes de esta erupción destacan su duración (casi siete años), la superficie cubierta (casi 200 km²) y el volumen (más de 1 km³) de magma emitido por distintas bocas alineadas sobre una fractura de 14 km. Es notable asimismo la variación geoquímica de sus lavas y la presencia de xenolitos ultramáficos y sedimentarios.

La mayor parte de los conos formados en la erupción y de la superficie cubierta por sus lavas constituye actualmente el Parque Nacional de Timanfaya. Cerca de la entrada al Parque, en la carretera de Tinajo a Yaiza, se ha construido un magnífico Centro de Interpretación cuya información puede completarse con el detallado estudio geográfico e histórico de esta erupción realizado por Carmen Romero (1991).

En las últimas erupciones de la isla (1824) se abrieron sucesivamente tres bocas sobre una fractura (ver página anterior), aunque la crisis volcánica fue mucho menos importante que las del siglo XVIII. De esta erupción hay un diario pormenorizado de testigos presenciales, que revela cómo los habitantes de la isla eran ya conscientes del riesgo volcánico y estaban preparados para afrontarlo (en Rumeu y Araña, 1982).

The eruptions that took place in the area of Timanfaya between 1730 and 1736 represent a volcanic episode of the first order, not only for their scientific interest but also because it was one of the biggest basaltic volcanic events that man has ever seen. This eruption is recounted in the work of the prestigious geologist Eduardo Hernández Pacheco, who wrote down the account of an eye witness (D. Andrés Lorenzo Curbelo, a priest of Yaiza) in the first important volcanological study of Lanzarote. Out of all of the interesting aspects of the eruption, the most important was its duration and volume (1 km³) of magma emitted from different mouths aligned in a fracture 14 km long. The variation of the geochemistry of the lava and the presence of ultramafic and sedimentary xenoliths is also noteworthy.

Most of the cones of the eruption and the area covered by lava makes up the National Park of Timanfaya. Near the entrance to the park, on the Tinajo-Yaiza road, a wonderful Performance Centre has been built. The information given in this Centre can be completed with the and detailed geographic and historic studies of this eruption by C. Romero (1991).

The last eruptions on the island were in 1824 when three mouths opened up on a fracture (see previous page). Although the volcanic crisis was much less pronounced than in the eruption of the 18th century there is a diary of eye witnesses which shows to what point the islanders were aware of volcanic risk and prepared to face it (Rumeu and Araña 1982).

Los habitantes de Lanzarote tienen una clara memoria histórica de sus erupciones. Así, celebran la Fiesta de Los Volcanes en honor de la Virgen de los Dolores, a la que atribuyen la detención de las lavas de 1730 que amenazaban el pueblo de Tinajo. Sin embargo, esta erupción, aunque aumentó considerablemente la superficie de la isla, cubrió gran parte de sus terrenos más fértiles sepultando los pueblos y caseríos que se indican en el mapa siguiente.

Bajo estas líneas: "erupción de un volcán", en los festejos que se celebran anualmente, en Septiembre, frente a la ermita de la Virgen de los Dolores.

The inhabitants of Lanzarote have a clear historic memory of these eruptions. They celebrate the Fiesta de Los Volcanes in honour of the Virgin of Los Dolores to whom they attribute the stopping of the lava in 1730 which was threatening the village of Tinajo. However, this eruption covered a large part of the island burying villages and houses which are shown on the next page.

Below: "eruption of a Volcano", in the annual festivities, in front of the hermitage of the virgin of Los Dolores.





Caseros sepultados por lavas o piroclastos de las erupciones de 1730-1736
Buried by lava or pyroclasts in the eruptions of 1730-1736

- | | | |
|------------------|-----------------|---------------|
| 1 Mancha Blanca | 7 Buen Lugar | 13 La Lepa |
| 2 Lomo de Carlos | 8 Rodeo | 14 Testeina |
| 3 Maso | 9 Sta. Catalina | 15 Tenemosana |
| 4 Tinfaga | 10 Miradero | 16 Chupadero |
| 5 Ortiz | 11 Negra | 17 Diama |
| 6 Tislaya | 12 Del Fuego | |

Poblaciones actuales: *Present day villages:*

A: Arrecife T: Tinajo Y: Yaiza

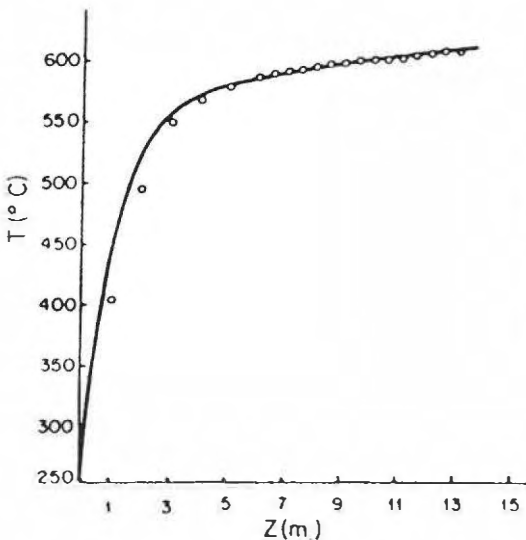
Se denominan *islotas* a los puntos del terreno que no fueron sepultados, en la zona recubierta por las lavas de esta erupción.

The term islotas is applied to those small zones of the area covered by this eruption that were not buried.

ANOMALÍAS GEOTÉRMICAS / GEOTHERMAL ANOMALIES

En determinadas erupciones, una parte importante de magma no alcanza la superficie y queda atrapado a cierta profundidad, desgasificándose lentamente y manteniendo elevadas temperaturas durante siglos, si las condiciones termodinámicas son favorables. Este es el caso de las erupciones de 1730-1736 de Lanzarote, cuyas manifestaciones residuales son las altas temperaturas de las rocas en varios puntos del paraje conocido como Montañas del Fuego o Timanfaya. La temperatura más alta (600°C) se registra en un sondeo del islote Hilario (ver debajo). En esta misma zona, hay hornos naturales donde se superan los 200°C y también a pocos cm bajo la superficie se alcanzan los 100°C, permitiendo realizar demostraciones como la combustión espontánea de leña o la provocación de geysers artificiales. Estas anomalías geotérmicas se explican por el sistema de fracturas que actúa como un conducto de calefacción, transportando fluidos calientes hasta la superficie desde los bordes de una bolsa de magma o chimenea que, a pocos kilómetros de profundidad, mantiene todavía temperaturas próximas a los 700°C (ver Araña et al., 1984).

In certain eruptions, a significant amount of lava does not reach the surface and remains trapped at depth, where it can stay hot for centuries, if thermodynamic conditions are favourable. This is the case of the 1730-1736 eruptions of Lanzarote. The high temperature of rocks in the area known as Montañas del Fuego or Timanfaya is a residual effect of those eruptions. The highest temperature recorded (600°C) was taken in the "islote Hilario". In this same area there are natural ovens which are over 200°C in temperature. Also, only a few centimetres below the surface the ground reaches 100°C which makes it possible to carry out demonstrations such as the spontaneous combustion of firewood or artificial geysers. These geothermal anomalies are caused by the system of fractures which acts as a heat conductor, transporting fluids to the surface from the edges of bags of magma a few kilometres down (see Araña et al., 1984).



Variación de temperatura con la profundidad en un sondeo de 13 m en el islote Hilario (Montañas del Fuego).

Temperature variations with depth in a 13 m borehole on the Islote Hilario (Montañas de lFuego).



Las anomalías geotérmicas se reflejan también en los depósitos hidrotermales, que aparecen en la foto superior, circundados por juncos, lo que revela humedad provocada por el vapor de agua que todavía escapa por una fractura profunda. En la foto inferior se ve el fondo de un cráter en el que la zona afectada por emanaciones calientes se detecta por la inexistencia de los líquenes.

Geothermic anomalies are also reflected in hydrothermal deposits shown on the photo above , surrounded by rushes, what reveals dampness due to the water vapour that still escapes through a deep fracture. In the photo below, the zone affected by hot emissions at the bottom of a crater is detected by the lack of lichens.

CONOS VOLCÁNICOS / CINDER CONES

Las fases explosivas de una erupción se producen al escapar violentamente los gases magmáticos disueltos en el magma. Esto ocurre en la chimenea, muy cerca ya de la superficie en la que se abre la boca o la fisura eruptiva. En estas explosiones la lava se rompe en fragmentos (piroclastos) de distinto tamaño, que son expulsados violentamente, formando con los gases una columna eruptiva.

Las características de la columna eruptiva, la fuerza y dirección del viento, así como los salideros de coladas, condicionan la acumulación de piroclastos en torno a su boca de salida. Este depósito tiene fases constructivas y destructivas durante la erupción, pero el resultado final suele ser un edificio cónico más o menos simétrico, con un agujero (**cráter**) en su cima. Si nos acercamos a cualquier cono volcánico, veremos que está constituido principalmente por escorias; es decir, por fragmentos lávicos que, al caer todavía calientes, se sueldan unos con otros. Su color oscuro inicial, como todas las rocas basálticas, suele enrojecerse por efecto de la oxidación y reacciones entre volátiles.

Lanzarote presenta un amplio muestrario de edificios volcánicos de diferente magnitud y en distinto grado de conservación que veremos en las siguientes páginas. Entre los peor conservados se encuentran los escudos antiguos, difícilmente reconocibles. Algunos edificios cónicos **monogenéticos** (resultantes de una sola erupción), son de gran envergadura y a veces presentan amplios cráteres que justifican la denominación local de **calderas**, término que en volcanología se reserva para grandes depresiones, formadas generalmente por el hundimiento o colapso de las cimas de algunos volcanes **poligenéticos** (estratovolcanes y escudos), en los que periódicamente se repiten erupciones violentas.

The explosive phases of an eruption are produced by violently escaping magmatic gases. This happens very close to the surface when an eruptive vent or fissure opens up. In these explosions the lava breaks into fragments (pyroclasts) which are violently ejected, forming, along with gases, a plume.

The characteristics of the plume, the windspeed and direction, and the lava flows vents condition the accumulation of pyroclasts around the mouth of the volcano. This deposit has destructive and constructive phases during an eruption, but the final result is usually a conical edifice with a hole (crater) in the top. If you look closely at any volcanic cone, you will see that it is mainly made up of cinders (mid-sized fragments of lava which, as they are still hot when they fall, weld together). They are originally dark in colour, like all basaltic rocks, but oxidation and reactions in volatiles, usually turn them red.

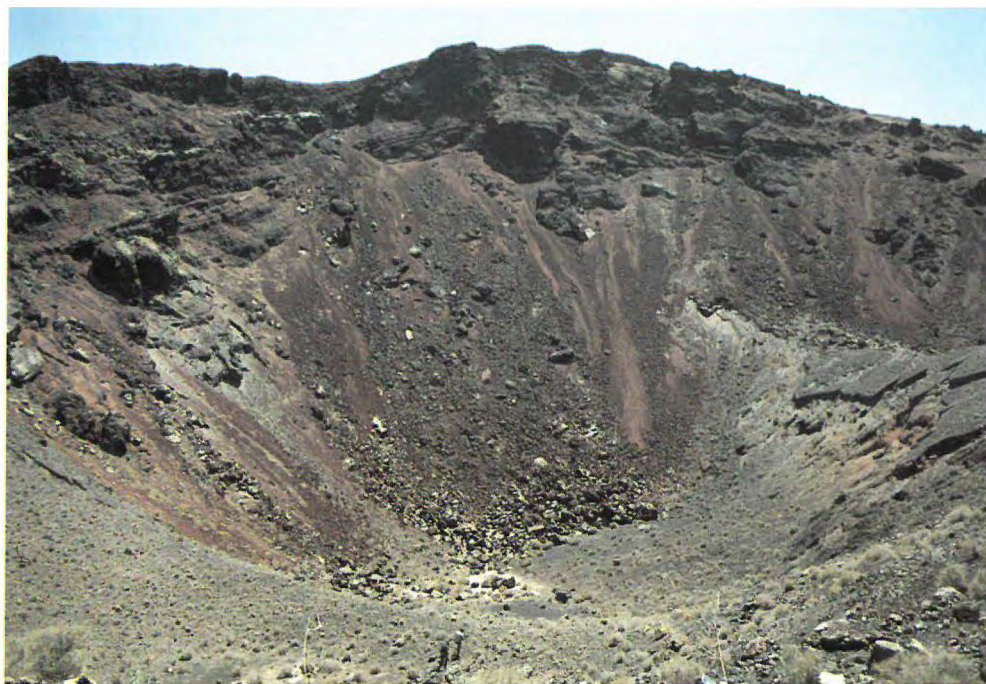
Lanzarote has a wide range of volcanic edifices of different sizes and states of preservation (see following pages). The ancient shields are badly preserved and difficult to recognise. Some monogenetic cones resulting of are very large and sometimes have huge craters which justify the local term calderas. In Volcanology, the term calderas is reserved for great depressions, usually formed by collapse of some poligenetic volcanoes (stratovolcanoes and shields) where frequent explosive eruptions take place.



Cráter del volcán de La Corona / *Volcan de La Corona crater.*



Caldera cultivada / *Cropped caldera.*



Las personas que aparecen en estas fotografías nos sirven de escala para comprobar la magnitud de estos cráteres.

The people on these pictures give the scale to see the magnitude of these craters.



Algunos volcanes de Lanzarote son de una belleza singular.
Some of the Lanzarote volcanoes are singularly beautiful.



Los cráteres no siempre son circulares (arriba, el de Pico Partido).
Craters are not always circular (on the top: Pico Partido crater).



Los volcanes que corresponden a una misma erupción suelen estar alineados (arriba). Sin embargo, en áreas volcánicas con repetidas erupciones, la imagen más frecuente es la de un **campo de volcanes** dispersos (debajo).

Volcanoes corresponding to an unique eruption are usually aligned (top). However, the most frequent aspect of those volcanic areas with repeated eruptions is that of a scattered volcanic field (below).

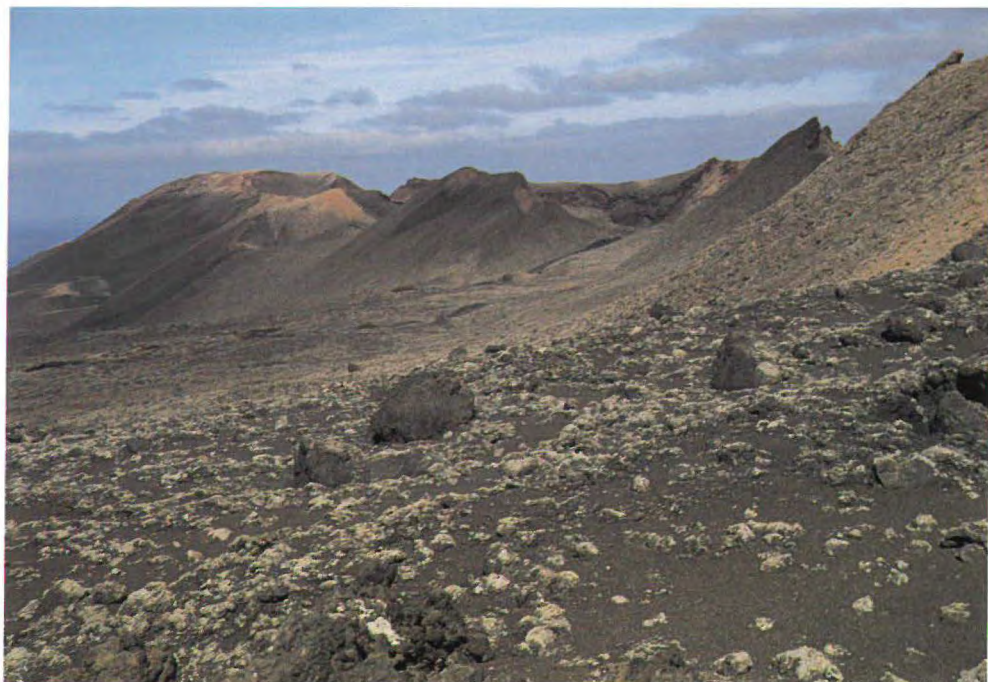
También los volcanes arrojan fragmentos de mayor tamaño (**bombas**) que adquieren formas singulares al girar por el aire o rodar por las vertientes del cono. Las bombas volcánicas son frecuentes en las laderas de los volcanes de Lanzarote (derecha, arriba). Excepcionalmente se encuentran bombas de grandes dimensiones (derecha, debajo), que hacen suponer una extraordinaria energía en las explosiones.

Los piroclastos más pequeños (**lapilli y cenizas**) son arrastrados por el viento más o menos lejos de la boca eruptiva y se depositan como una lluvia de cenizas acumulándose en mantos o capas. Foto inferior de los depósitos de lapilli o **picón** (nombre local) en Timanfaya.

*Volcanoes also eject larger fragments (**bombs**) which fly, spinning through the air or roll down the slopes of the cone. Volcanic bombs are common in Lanzarote (photo top right). Sometimes, huge bombs are found, indicating an amazing amount of energy released in an explosion. (photo bottom right).*

*The smallest pyroclasts (**lapilli and ash**) are blown by the wind more or less far from the volcano and deposited as an ash rain, forming layers and blankets (see below).*





Especial atención merecen los edificios construidos en episodios hidro-magmáticos. Esto ocurre cuando el magma interacciona con agua cerca de la superficie, lo que es muy frecuente en zonas costeras. La interacción agua-magma provoca aumento de vapor y por tanto de explosividad, que se refleja en depósitos piroclásticos característicos (de alta energía). En Lanzarote hay varios ejemplos de estos procesos eruptivos, destacando "El Golfo" por su colorido y estructuras piroclásticas (fotos de la derecha) y "El Cuchillo" por sus grandes dimensiones (debajo).

Edifices formed by hydro-magmatic episodes are noteworthy. This type of volcanic episode is caused when magma interacts with sea water or with an aquifer close to the surface (very frequent in coastal areas), producing more vapor and therefore explosions. These episodes give rise to characteristic pyroclastic deposits, such as "El Golfo", which is striking because of its colouring and pyroclastic structures (see photos, right) and "El Cuchillo", which is notable for its size (below).





COLADAS LÁVICAS / LAVA FLOWS

Una colada es un flujo o corriente lávica que generalmente surge de puntos más bajos o de las mismas bocas o fisuras eruptivas que originan los conos de piroclastos. La temperatura de las coladas basálticas en el punto de salida alcanza los 1.200°C. Inicialmente tienen un alto contenido en gases, que van escapando a lo largo del recorrido, haciendo que la colada se vuelva más viscosa. También se va enfriando, lo que igualmente aumenta su viscosidad. Este enfriamiento y pérdida de gases es más efectivo en las partes de la colada que están en contacto con el aire, es decir, en la superficie y también en los bordes, cuando la colada no circula encajada.

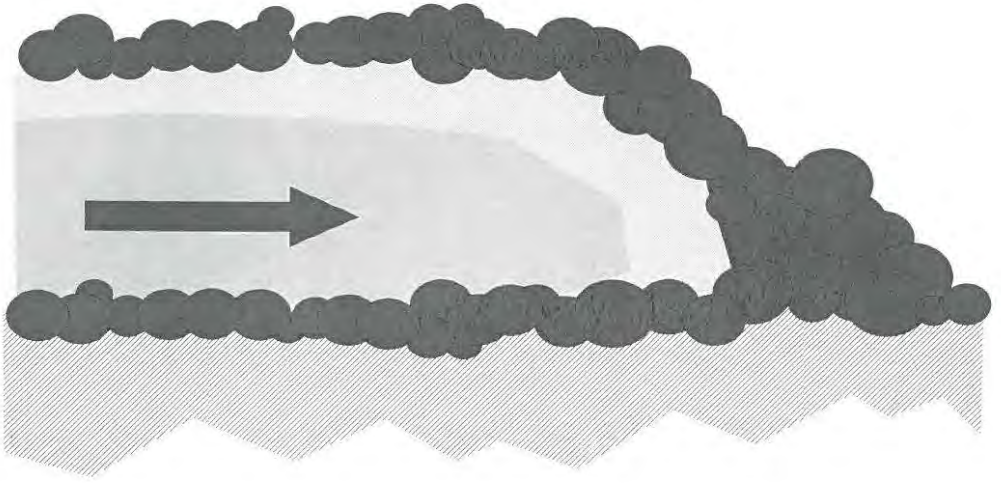
Como cualquier líquido, las lavas sólo se mueven si su peso puede superar un umbral de fuerza cortante. La superación de este esfuerzo umbral sólo ocurre cuando el espesor de la lava alcanza lo que denominamos **altura crítica**, que depende de la **viscosidad**. La altura crítica es muy grande (50 m) en las lavas muy viscosas, y pequeña (20 cm) en las más fluidas. En Lanzarote es del orden de 1,5 a 3,5 m. Siendo el espesor necesario para moverse (altura crítica) tanto menor, cuanto mayor sea la pendiente por la que tiene que discurrir la colada. Cuando el espesor del frente lávico es menor que la altura crítica de la lava, esta se detiene.

La lava empieza a enfriarse rápidamente, solidificándose la parte superior, la frontal y la que está en contacto con el suelo. El avance de la colada de lava se produce por la presión del material en su interior que empuja la cabeza (y los laterales), rompiéndola y cayéndose bloques, que forman las **morrenas** frontales o laterales y avanzando un poco. Cuando la presión interior es otra vez suficiente, se vuelve a romper el frente o cabecera de la colada y así continúa el avance (ver página siguiente).

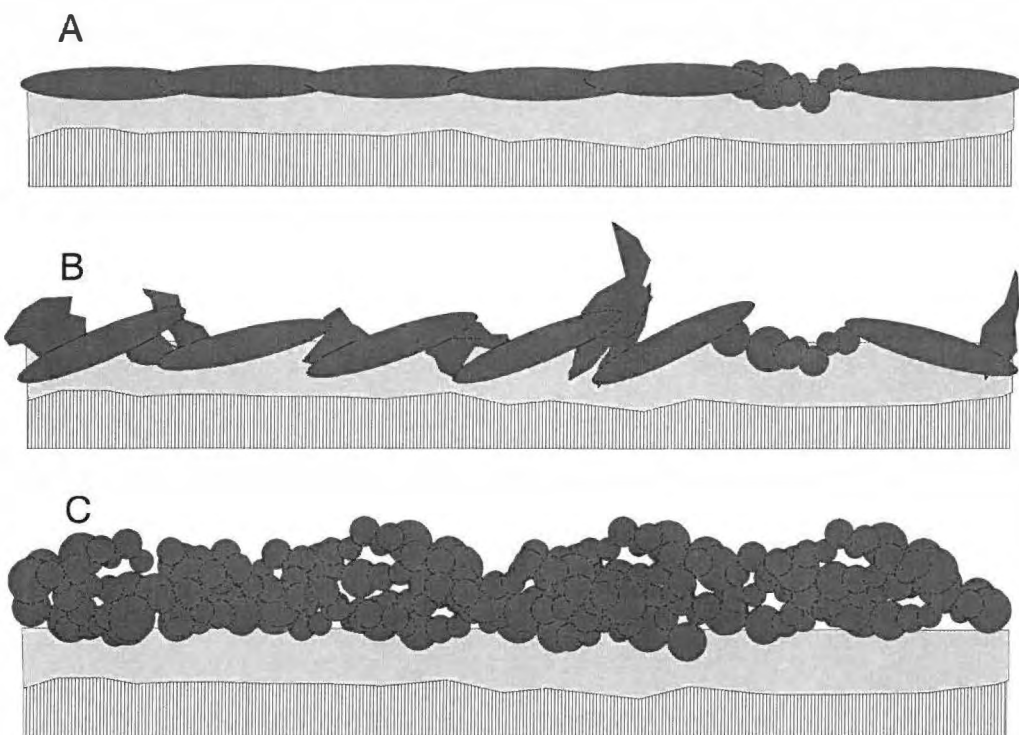
Lava flows are streams of lava which generally flow from the mouth of a volcano or eruptive fissures near the cinder cone. They initially contain a high quantity of gas which is gradually lost, making the lava more viscous. They also cool, increasing the viscosity of the lava. This cooling and loss of gases is more effective where the lava is in contact with the air, that is, the surface and the sides, when the flow is not channeled.

Like any liquid, lava only moves when its weight reaches a strength force threshold. This only happens when the thickness of the lava reaches what is known as "critical height", which depends on viscosity. Very viscous lavas can have huge (50m) critical heights, while very fluid lavas have extremely small ones (20 cm). In Lanzarote, critical height of lavas is around 1.5 to 3.5 m. This of course varies depending on the gradient of slope on which the lavas are travelling. When the lava is less than its critical height, it stops moving.

The lava begins to cool rapidly, the upper and front parts solidify as does the part in contact with the ground. The advance of the lava flow is caused by the interior pressure, which pushes the front (and sides), breaking it into blocks, which form the frontal and lateral moraines and moving forward. When the interior pressure is strong enough, the front falls and thus moves on (see following page).







El enfriamiento superficial de la colada, cuando la corriente está en movimiento, da origen a distintos tipos de superficies lávicas, ya que esta costra, todavía plástica, puede deformarse y arrugarse. Si la viscosidad de la lava lo permite (cuando es muy baja), la costra solidificada se detiene, dando origen a un tipo de colada que se conoce con el nombre hawaiano **pahoehoe** y de sus variedades: **lavas cordadas**, en tripas, etc. (caso A en la figura). Cuando aumenta la viscosidad, la colada se mueve más lentamente y su costra se rompe, originando una superficie irregular y áspera conocida en Canarias como **malpaís** (caso B). Finalmente, si la colada continúa avanzando, los fragmentos de la costra se redondean, dando lugar a las coladas que se conocen con el término hawaiano **aa** (caso C).

The surface cooling of a moving flow gives rise to different types of lava surfaces, as the crust is still plastic and can be deformed or wrinkled. When the viscosity of the lava is very low the crust stops moving and forms lava flows that are known by the Hawaiian name "Pahoehoe" of which there are several types: ropy, entrail, etc. (A in the Figure). When the lava is more viscous it moves more slowly and its crust breaks forming an irregular, rough surface known on the Canary Islands as malpaís or spiny lava (B in the Figure). Finally, if the flow keeps moving the fragments of crust become rounded, forming the type of flow known with the Hawaiian name aa (C in the figure).

Lanzarote tiene grandes extensiones lávicas de superficie bien conservada debido a que la erosión apenas ha actuado sobre los materiales arrojados en las erupciones más recientes. Mayoritariamente se trata de malpaíses; sin embargo, hay zonas donde las superficies de las coladas son lisas (foto debajo) o forman los típicos pliegues y cuerdas que configuran un singular paisaje. En general, las superficies lisas o cordadas corresponden a lavas más fluidas, ricas en gases y próximas al centro de emisión, que pasan gradualmente a superficies escoriáceas al avanzar más lentamente, por su enfriamiento y pérdida de volátiles, con el consiguiente aumento de viscosidad (página siguiente).

Lanzarote has some large areas of well preserved lava flows as erosion has hardly affected materials from recent eruptions. These are mainly spiny lavas; nevertheless, there are several areas of smooth lavas (see below) or corrugated with ropy surfaces. In general, these smoother surfaces correspond to more fluid lavas, which were rich in gas, near the emission centre. These become "spikier" as they move further away, cooling, losing volatiles and therefore, becoming more viscous (next page).





Obsérvese la transición de lavas pahoehoe (más altas y próximas a la boca de salida) a un malpaís de lavas aa (en primer término). El mismo contraste entre malpaís y lavas cordadas se observa en la página siguiente, debajo.

In the lower part of this picture the transition between pahoehoe lavas (nearer the emission vent) to aa lavas (malpais) is shown. A similar contrast but between malpais andropy lavas can be seen in the lower picture of the following page.



No siempre vemos la superficie de las coladas, ya que bajo el suelo actual, en Lanzarote, encontraríamos miles de coladas y centenares de conos enterrados. En la foto (arriba) aparecen varias coladas cortadas en el acantilado de Famara.

The surface of the lava flows cannot be always seen. In Lanzarote, below the present surface we could find miles of lava flows and hundreds of buried cones. The picture (up) shows some lava flows in the Famara cliffs.



Lavas cordadas en "Los Lajiales" de la isla de El Hierro.

Ropy lavas of "Los Lajiales" in Hierro island.

Una situación que puede dar lugar a superficies lisas prácticamente planas es la de los **lagos de lava**, que se forman en el interior de cráteres o en cuencas cerradas, cuando no hay corriente que arrastre y arrugue la costra plástica (foto inferior de un lago de lava en Pico Partido, Lanzarote).

A veces la acumulación de volátiles en el interior de una colada, que se ha detenido todavía fundida, provoca explosiones puntuales, que rompen la costra y generan sobre ese punto pequeñas acumulaciones de escorias denominadas **hornitos**, de los que también hay en Lanzarote magníficos ejemplos, como el de la siguiente página (arriba).

Los **domos** y agujas se forman cuando la lava muy viscosa sale lentamente y se acumula sobre la boca de salida, sin derramarse en coladas. Fotografía en página siguiente (debajo) de un conjunto de domos en La Gomera.

A situation that can give rise to practically smooth surfaces is that of lava lakes. These are formed inside craters or in closed basins when there is no current to pull (or wrinkle) the malleable crust (Photo below of a lava lake in Pico Partido, Lanzarote).

Sometimes, the accumulation of volatiles in a still-molten, non-moving flow, causes small explosions which break the crust and create small conical cinder formations called "hornitos". There are magnificent examples of these on Lanzarote (see next page, top).

Volcanic domes and spines are formed when viscous lava is pushed up slowly and accumulates over the vent, without pouring into flows (next page below: domes in La Gomera).

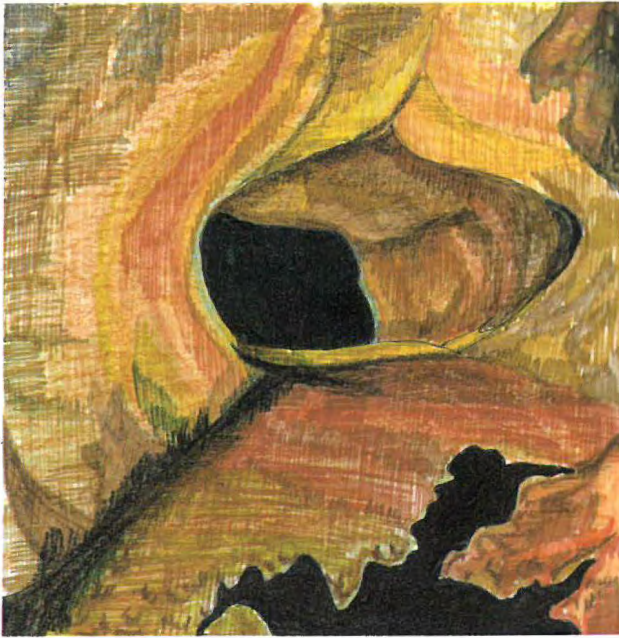




Dibujo de María Jesús Sangüesa: Cueva Volcánica →
Drawing by: María Jesús Sangüesa: Volcanic Cave →

CUEVA DE LOS VERDES

LAVA TUBES



TÚNELES VOLCÁNICOS / LAVA TUBES

La formación de túneles volcánicos y la circulación de lava en su interior, se ha comparado con las corrientes de agua que fluyen bajo la capa de hielo que se forma durante el invierno en los cauces de muchos ríos. No es exactamente lo mismo, pero puede explicarnos el hueco o túnel que quedaría bajo el techo helado, si la corriente disminuye su nivel hasta vaciar el cauce.

En el caso de las coladas lávicas encajadas en un cauce (de valle, barranco, morrenas o entre coladas más altas), el techo se forma al solidificarse la superficie de la colada y quedar detenida, mientras el material fundido continúa fluyendo debajo. En las fotografías de la derecha vemos cómo discurre la colada bajo la superficie o los "puentes" de lava consolidada. Bajo estas líneas, en la fotografía de Brad Lewis, se aprecian incluso los goterones que caen del techo del túnel al ser salpicados por la corriente que se desgasifica.

The formation of lava tubes and the flow of lava through them has been compared with the flow of a river under a layer of ice in winter. It is not exactly the same, but it can help explain lava tubes or imagine the hollow tunnel that would be left under the frozen roof if the river stopped flowing.

In the case of channeled lava flows (in a valley, ravine, moraine, or between two higher flows), the roof forms as the surface of the flow solidifies and stops, while the still-molten material underneath continues flowing. In the photographs on the right we can see how lava flows below the surface or "bridges" of solid lava. Below, in the photo by Brad Lewis, it is even possible to see the globules that fall from the ceiling of the tunnel when the flow splashes it with lava from bursting gas bubbles.





En las proximidades del centro de emisión suelen formarse **canales lávicos**. Inicialmente, la colada fluye por estos canales formados por las morrenas laterales (M). Al enfriarse la superficie lávica, la parte que está en contacto con las morrenas se frena y detiene formando dos **cornisas** (C) que cubren parcialmente el canal. Estas cornisas puede terminar uniéndose y formando una bóveda o techo. Véase página siguiente, arriba.

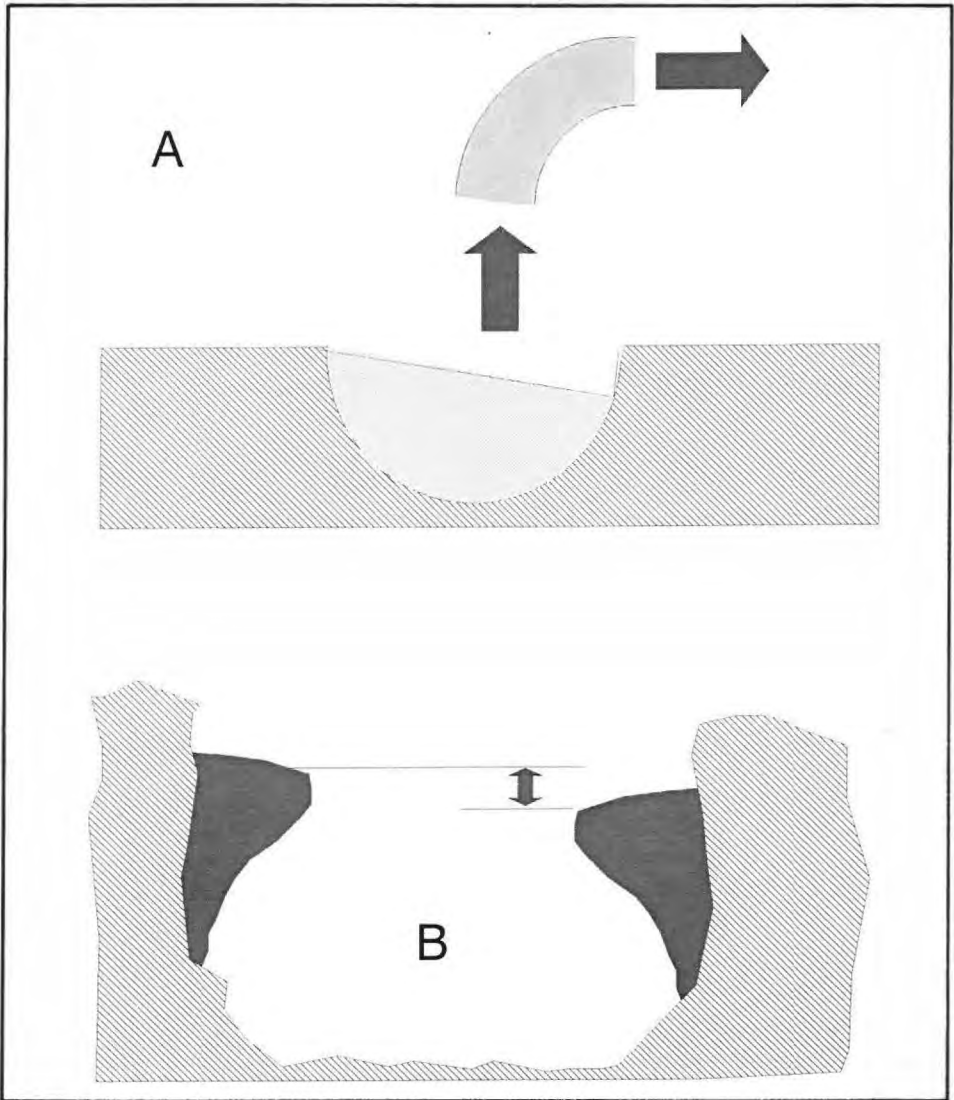
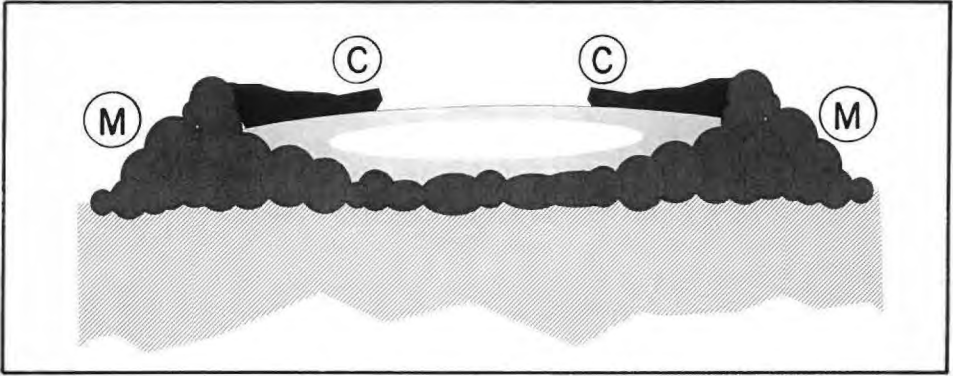
En un canal lávico podemos comprobar cómo la altura de las cornisas refleja la forma que tenía el discurrir de la lava: cuando hay una curva, la parte externa tiene mayor altura (peralte), como consecuencia de la fuerza centrífuga. Véase página siguiente, debajo.

Lava channels are formed near the centre of emission. The flow initially takes place in a channel formed by lateral moraines (M). As the surface of the lava cools, the part which is in contact with the moraines slows down and then stops, forming two balconies (C) which partially cover the channel. These balconies sometimes join and form a roof (following page, top).

The height of the balconies of a lava channel shows how the lava flowed: where there is a bend, the outer wall is higher as a result of centrifugal force (following page, bottom).



Canal lávico de Pico Partido (Erupciones de 1730-1736)
Lava channel of Pico Partido (1730-1736 eruptions)





Canal lávico con formación de tubo volcánico en una erupción del volcán Etna (1993).
Compárese con un ejemplo del mismo proceso en la isla del Hierro (página siguiente).

*Lava channel with formation of lava tube in an eruption of Etna volcano (1993).
It can be compared with an example of the same process in Hierro island (next page).*



Cuando una colada lávica discurre sobre un plano, se expande en todas las direcciones, hasta que su altura corresponda en cada punto a la altura crítica. En tales circunstancias, aunque la lava se mueva en el interior de conductos formados por la propia lava solidificada en techo y paredes, al cesar la emisión el conducto siempre queda lleno, pues no puede moverse al faltar la presión que empuja la lava y tampoco puede moverse por su propio peso, al ser la altura menor que la altura crítica A, en el esquema de la pág. siguiente.

En una colada confinada en un barranco o en un valle angosto, rápidamente se supera la altura crítica, pues la lava no puede expandirse horizontalmente. La relación entre la costra y el volumen de lava líquida es muy pequeña, y al cesar el empuje, la lava puede seguir moviéndose por su propio peso, pues su espesor es mayor que la altura crítica. De esta forma, al finalizar la erupción el túnel puede quedar vacío B, en el esquema de la página siguiente.

Cuando el espesor de la colada es mucho mayor que la altura crítica necesaria para un avance normal, y discurre por una pendiente suave, se dan las condiciones idóneas para la formación de túneles volcánicos. El aumento de altura crítica sólo puede producirse por dos causas:

Una tasa de emisión enorme que pueda poner en la superficie en poco tiempo un volumen tan grande de lava que ésta no puede expansionarse rápidamente, por lo que se acumula aumentando en altura.

La colada lávica se canaliza en un barranco que exista en las proximidades del centro de emisión y las paredes del barranco impiden que la colada se expanda lateralmente, obligándola a aumentar en altura.

La formación de túneles en una erupción puede multiplicar su peligrosidad, ya que dentro del túnel las coladas mantienen durante más tiempo altas temperaturas y fluidez, pudiendo por lo tanto alcanzar zonas muy alejadas del centro emisor, lo que no ocurriría si discurriesen por la superficie.

When a lava flow reaches a flat place it expands in all directions until its thickness in every point corresponds to its critical height. In such circumstances, although the lava moves inside conduits formed by the lava roof and walls solidifying, when the emission stops the conduit always fills because there is not enough pressure to move the lava and it cannot move by its own weight as it has not reached critical height A, in the diagram on the following page.

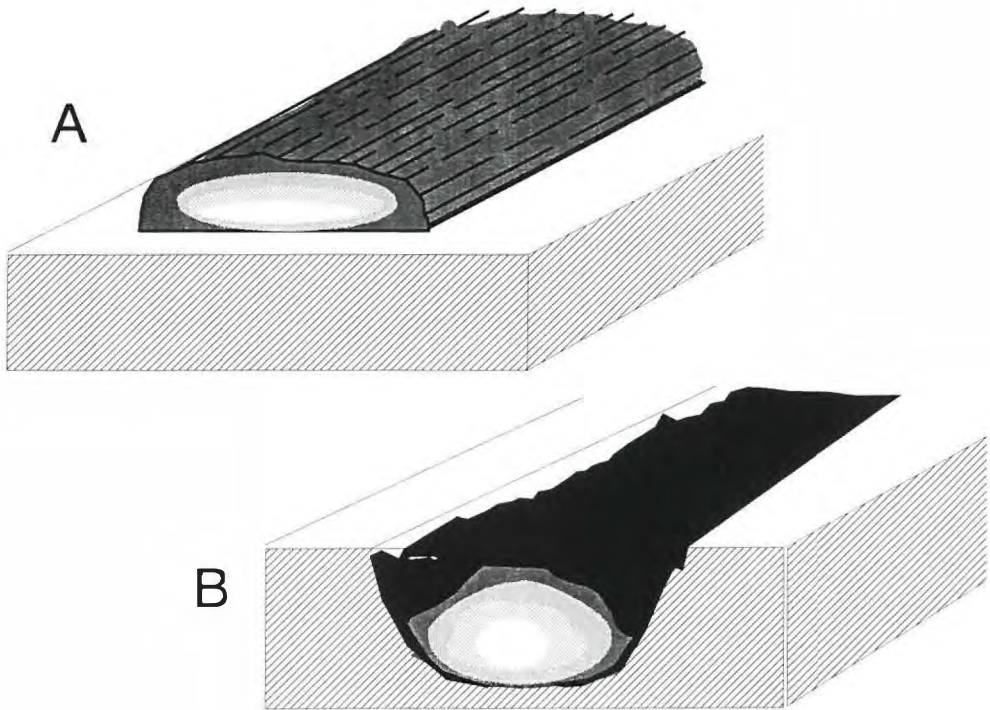
In a ravine or narrow valley lava quickly reaches the critical height as it cannot expand horizontally. The ratio between the crust and the volume of liquid lava is very small, and as the volcano stops emitting, the lava can still keep moving by its own weight, if as is thicker than its critical height. In this way, when an eruption finishes, the tunnel can be empty B, in the diagram on the following page.

Ideal conditions for the formation of lava tubes are when the thickness of the flow is much greater than the critical height needed to flow normally, and it travels down a slope that is not too steep. The increase of the critical height can only be caused by two reasons:

An enormous emission which pumps out so much lava that it cannot expand rapidly, and so accumulates in height.

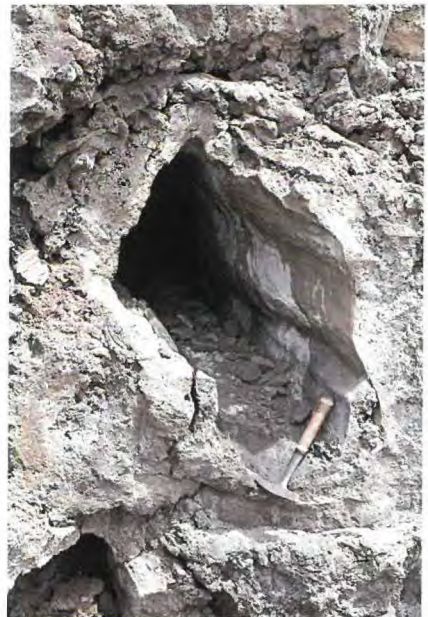
The lava flow is channeled in a ravine which exists near the centre of emission, forcing the lava to expand upwards rather than horizontally.

The formation of lava tunnels in an eruption can highly increase its hazard because inside the tunnel, the lava keeps its high temperature and fluidity for a longer time, and so it can reach areas far away the emission center that could not be reached if flowing over the surface.



Un caso singular es el de los pequeños tubos, como el de esta fotografía, que se forman en las coladas pahoehoe de poco espesor. Para ello es necesario que la colada muy fluida tenga un frente digitado o lobulado. En estos ramales estrechos, la corteza se deforma plásticamente por esfuerzos laterales y desgasificación, dejando al detenerse unos huecos como el que se aprecia en la foto.

An unusual case is that of the small tubes, like those in the photograph, which form in thin pahoehoe flows. These hollow tubes are formed when the lava is very fluid and flows into various branches. In these narrow branches, the crust of the lava is plastically deformed due to the lateral stress and degassing.



En la figura adjunta se representa la formación y evolución de un túnel volcánico:

- I Sección de un túnel volcánico en el que puede verse el perfil del cauce revestido por una capa de lava (1), que se solidifica rápidamente en contacto con las rocas frías. Esta costra que reviste inicialmente el cauce, continúa desarrollándose, especialmente en la superficie de la colada donde forma las cornisas (2...), que llegarán a unirse cerrando la bóveda del túnel (3). Al disminuir el ritmo de emisión en la boca efusiva, descenderá el nivel de lava en el túnel, hasta alcanzar la altura crítica (h), en cuyo momento se detendrá el flujo y tendremos formado el túnel.
- II Si la erupción continúa cierto tiempo con un ritmo menor, pero todavía suficiente para que el nivel del flujo supere la altura crítica dentro del túnel, se repetirá el proceso, generándose una nueva cornisa 1', 2'...

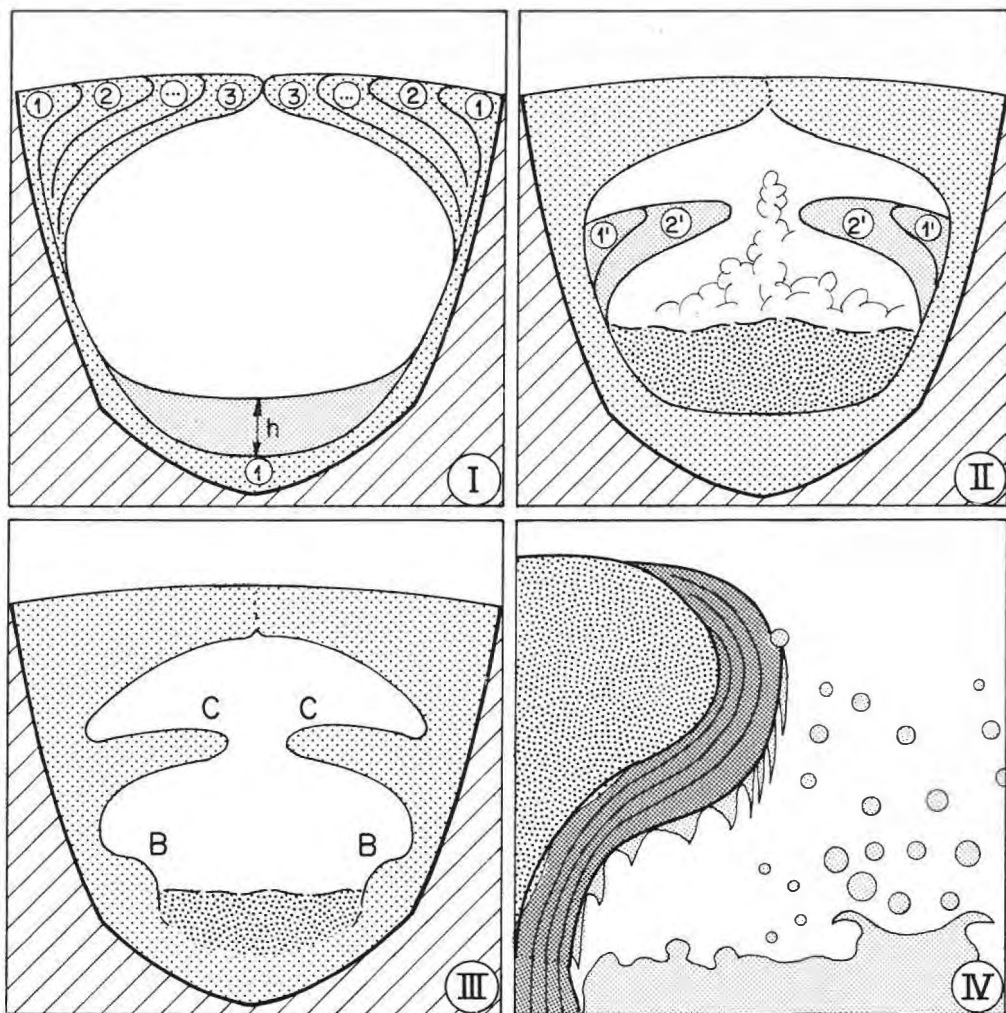
Este proceso de generación de "tubo en tubo" puede ocurrir también si tras vaciarse el túnel al detenerse el flujo (Figura I), fuese inundado por nuevos aportes desde la boca eruptiva o a través de un jameo.

- III Si en este proceso, el último flujo que circuló por el túnel tenía un espesor similar a la altura crítica, no se formarán cornisas (C) sino bancos (B).

In the figure the formation and evolution of a lava tube is shown:

- I *Section of a lava tube in which we can see the profile of the course that is covered by a thin layer of lava (1), which quickly cools in contact with the colder rocks. This crust continues developing, especially on the surface of the flow where the balconies are formed (2). These finally join to form the roof of the tube (3). When the emission slows, the level of lava in the tube drops to its critical height (h). At this moment the flow stops and a lava tube has been formed.*
- II *If the flow continues for some time, at a slower rate, but enough to be more than the critical height inside the tube, the process will be repeated, forming new walls.*

This process of tube within tube can also occur if the tunnel, after the flow stops (Fig. I), is later flooded by another flow from the volcano mouth or through a jameo.
- III *If in this process, the last flow through the tube were close to the critical height, benches (B) will be formed, instead of balconies (C).*



IV Explosión de las burbujas de gas y proyección de gotas de lava desde la superficie de la colada que circula por el túnel (detalle de II). Las gotas de lava así proyectadas se enfrían al entrar en contacto con las paredes o bóveda del túnel a las que quedan pegadas formando goterones característicos (estalactitas de lava o estafilitos). En otros casos, cuando la diferencia de temperatura es menor, la lava proyectada resbala, formando finas películas (pátinas) en las paredes y cornisas.

IV *Bursting of gas bubbles on the surface of the lava flow which splatter lava onto the ceiling and walls of the tube (detail of III). The drops of lava quickly cool in contact with the cooler walls and ceiling of the tunnel forming characteristic drops (volcanic stalactites or staphilites). In other cases, when the temperature difference is not so pronounced, the lava slides down, forming thin films (patinas) on walls and ceiling.*

En tramos de mayor o más prolongada desgasificación, generalmente al detenerse la corriente, se producen fenómenos de oxidación que dan un colorido característico e irregular en partes de techo y paredes (debajo).

En página siguiente: goterones y rebabas lávicas en túneles del P.N. de Timanfaya.

In parts where the amount of gas lost was greater or occurred over a longer period of time, usually when the current stops, oxidation processes cause the walls and roof to be coloured in characteristic and irregular patterns.

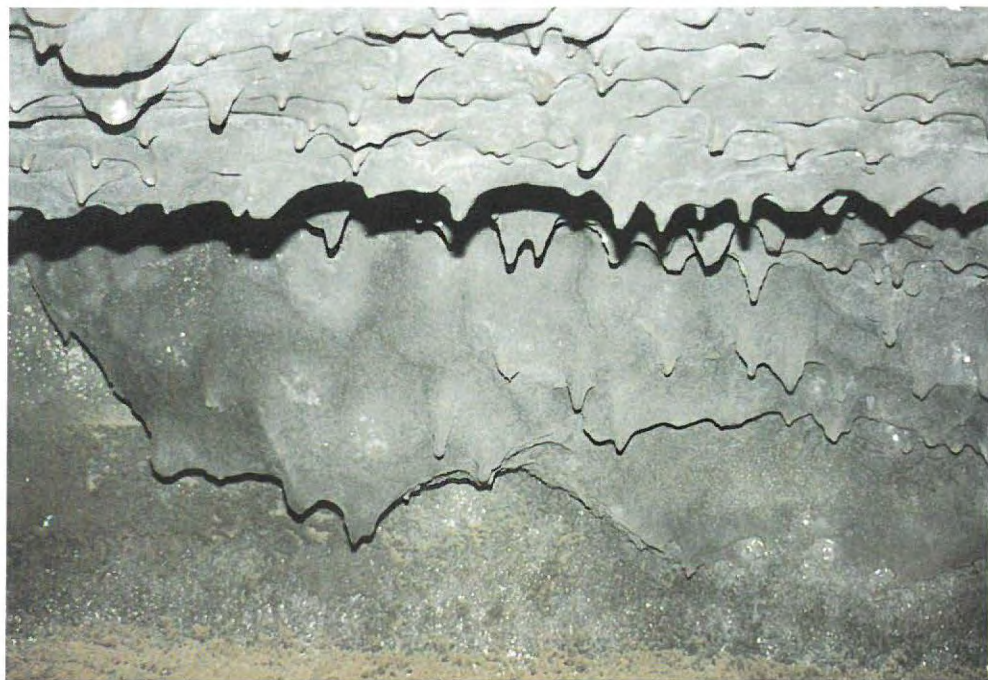
In the next page: big lavic drops and burrs in tunnels of Timanfaya National Park.





Al descender el nivel, las distintas coladas que circulan sucesivamente por el interior de un túnel dejan unas **pátinas** en las paredes que constituyen así varias capas superpuestas, cada una de las cuales representa un aporte lávico en el interior del túnel, seguido de un período inactivo (**debajo**). En estas pátinas pueden aparecer **estrías**, si los nuevos aportes lávicos transportan bloques sólidos que "rayan" las paredes del túnel. En las paredes pueden quedar también las **marcas** del nivel alcanzado por la lava circulando en el interior del tubo, tal como quedan señalados los niveles de las grandes riadas en los cauces de un río. A veces la corriente interna transporta bloques de grandes dimensiones que son retenidos en zonas más angostas del túnel o entre cornisas, donde quedan encajados al bajar el nivel de la corriente (página siguiente, arriba).

As the level of lava diminishes, the different flows which successively flow through a lava tube leave a patina on the walls which form several layers, one on top of the other, each representing a lava flow followed by a period of inactivity (see below). In these patinas, scratches left by blocks transported by later lava flows can be seen. The walls can also display the level reached by lava flows in the same way that a river displays the highest that water reached during a flood. Sometimes, lava flows carry blocks of great size which get stuck in narrow parts of the tunnel (next page, top) .





En este tramo del túnel volcánico de la Cueva de Los Verdes se aprecia la cicatriz donde se unen las cornisas laterales para formar el techo.

This part of the volcanic tube of the Cueva de los Verdes shows the fissure resting when the halfroof (balconies) came together.

Es muy difícil que un túnel vuelva a funcionar, pues sus dimensiones son pequeñas comparadas con la altura crítica de las lavas, por consiguiente, la lava que pueda entrar en el túnel rápidamente se detiene. Sin embargo, en condiciones favorables se construirá un nuevo **túnel superpuesto** al primero, y por los jameos una pequeña cantidad de lava puede alcanzar el túnel anterior (téngase en cuenta que la mayoría de los jameos se forman cuando el túnel está activo y no después de su consolidación). Las fases de este proceso se reflejan en el siguiente esquema.

It is quite difficult for a tunnel to house a second flow, as tunnels are small compared to the critical height of lavas. Therefore, lava which enters a tunnel quickly stops moving. However, under favourable conditions, a tunnel may form on top of another, and through jameos a small amount of lava could enter (it has to be noted that most of the jameos are formed when the tunnel is active and not after its consolidation). The phases of this process are shown in the following diagram.

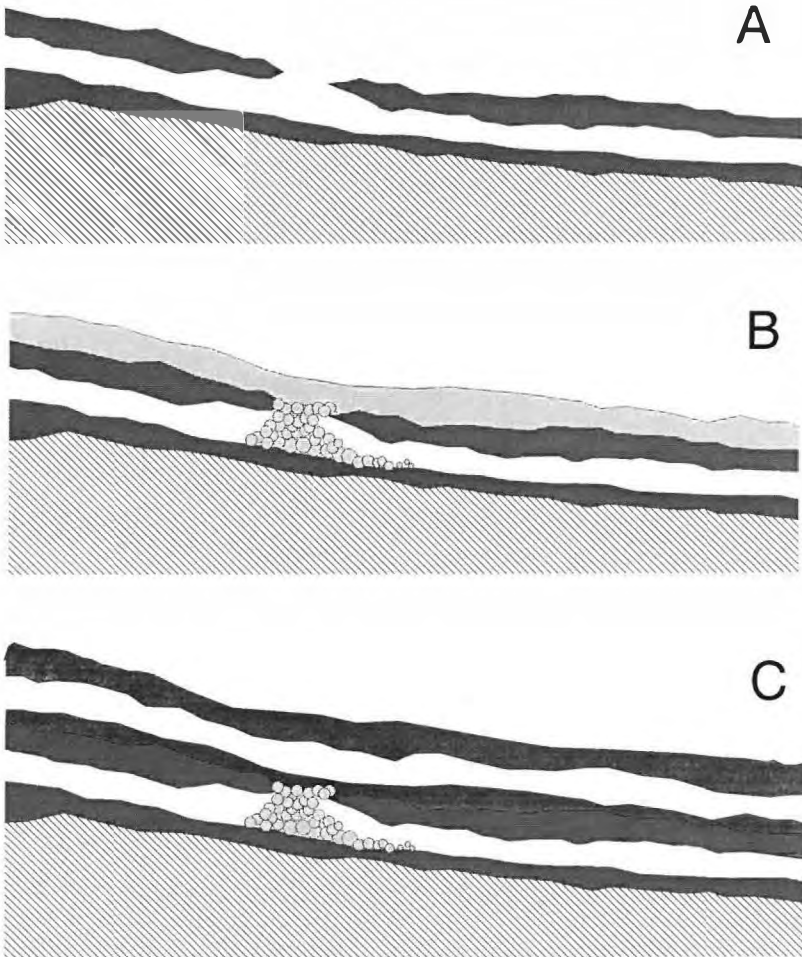




Foto de la Cueva de Los Verdes, en la que pueden observarse los restos de una colada que entró por un jameo y discurrió por el túnel inferior en una fase posterior a su formación. *Picture showing the interior of the Cueva de los Verdes, where rests of a lava that entered through a jameo and later flowed through the lower channel after its formation.*

En las coladas de Lanzarote es frecuente la formación de túneles volcánicos (y tubos lávicos), cuyo diámetro oscila entre varios metros y pocos centímetros. La extensión es asimismo muy variable y su recorrido sinuoso se pone de manifiesto en la superficie de los túneles por la alineación de los jameos o agujeros que corresponden a hundimientos en su techo (Jameos del túnel del volcán de La Corona: debajo).

Entre los numerosos túneles formados en las erupciones de 1730-1736 destaca el denominado "Cueva de los Naturalistas" (ver, por ejemplo, Hernández et al. 1989) y el que puede seguirse desde Mña. Rajada en el P.N. de Timanfaya, al encontrarse su techo hundido en varios tramos (en página siguiente).

The formation of lava tubes, ranging from a few centimetres to several metres, is frequent in the lava flows of Lanzarote. The length of these tunnels is also very variable and their winding course can be seen on the surface by the position of the "jameos" which correspond to cave-ins of the roof.

One of the most noteworthy of the numerous tunnels formed in the 1730-1736 eruptions is that known as "Cave of the Naturalists". Next page: collapsed roof of a lava tunnel (view from M. Rajada, Timanfaya National Park).



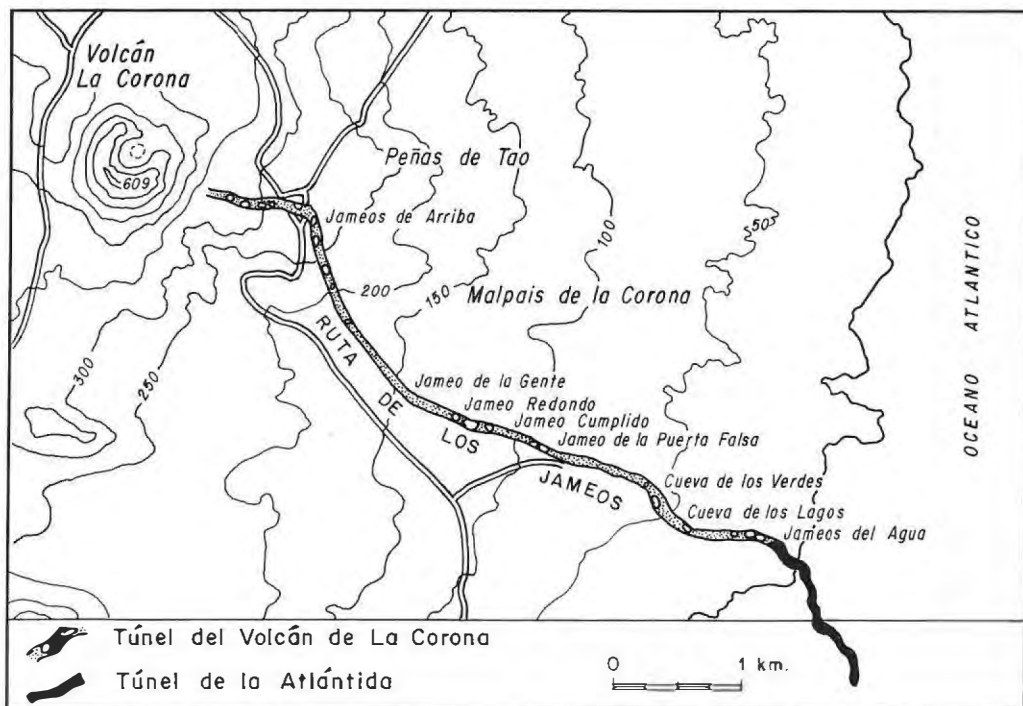


El túnel volcánico más conocido de Lanzarote es el del volcán de La Corona, que incluye tramos como la Cueva de Los Verdes, Cueva de los Lagos y Jameos del Agua, prolongándose bajo el mar en un tramo conocido como "Túnel de la Atlántida", de gran interés espeleológico. La visita del túnel del volcán de La Corona (uno de los más interesantes del Planeta) nos ayudará a entender cómo se forman estas estructuras.

El túnel del volcán de La Corona tiene casi 7 km de longitud y su recorrido se hace patente en superficie por los 16 jameos o hundimientos parciales de la bóveda. Por uno de estos jameos se accede a un espectacular tramo visitable, "La Cueva de los Verdes", donde se aprecian varios túneles superpuestos y todas las estructuras que hemos descrito anteriormente (cornisas, bancos, estalactitas, pátinas...).

The tunnel of the volcano of La Corona is the best known. It includes sections like Cueva de Los Verdes, Cueva de los Lagos and Jameos del Agua, and carries on under the sea as the "Tunnel of Atlantis", which is of great interest to speleologists. The visit to the tunnel of the volcano of La Corona (one of the most spectacular in the world) helps understand how these volcanic structures are.

The tunnel of La Corona volcano is almost 7 km long and its course can be seen on the surface by 16 jameos or partial cave-ins of the roof. Through one of these jameos visitors can enter La Cueva de Los Verdes where all of the structures we have mentioned appear.



Cerca ya de la costa aparecen dos hundimientos del techo (Jameos del Agua), entre los cuales existe una pequeña laguna, comunicada con el mar. En esta laguna vive un crustáceo (Munidopsis polimorpha), conocido con el nombre de "jameito" o "cangrejo ciego".

El tramo de Jameos del Agua ha sido acondicionado, bajo la dirección de César Manrique, para ser visitado y se accede al mismo por el Jameo Chico, más próximo a la costa. Bordeando la citada laguna subterránea, en dirección al Volcán de La Corona, se llega al segundo jameo desde el que puede subirse a la Casa de Los Volcanes. También, desde este Jameo Grande, continúa otro tramo del túnel volcánico, adecuado como grandioso auditorio con magníficas condiciones acústicas.

Entre el Auditorio y La Cueva de Los Verdes hay un tramo no visitable todavía, conocido como Cueva de Los Lagos, ya que su fondo está inundado por el agua, al encontrarse bajo el nivel del mar.

Finalmente, el túnel se prolonga desde la antigua línea de costas con el nombre de Túnel de la Atlántida. Este tramo submarino discurre en dirección Sur, terminando a 62 m de profundidad, con un recorrido de 1.415 m establecido por Exley et al (in Jantschke et al. 1994).

En las siguientes páginas se muestran fotografías, perfiles y algunas secciones del túnel del volcán de La Corona y su prolongación submarina.

Near the coast there are two cave-ins (Jameos del Agua), between which, there is a small lagoon that joins the sea. In this lagoon there lives a type of crab (Munidopsis polimorpha) which is known as the "jameito" or "blind crab".

The Jameos del Agua have been conditioned, under the César Manrique direction, to be visited. Visitors can enter through the jameo (Chico) nearest the sea. Going around the aforementioned subterranean lagoon, towards the volcano of La Corona, visitors arrive at the second jameo where they can go up to the Casa de Los Volcanes. Also from this jameo (Grande) another stretch of tunnel carries on to a section which is used as an auditorium with wonderful acoustics.

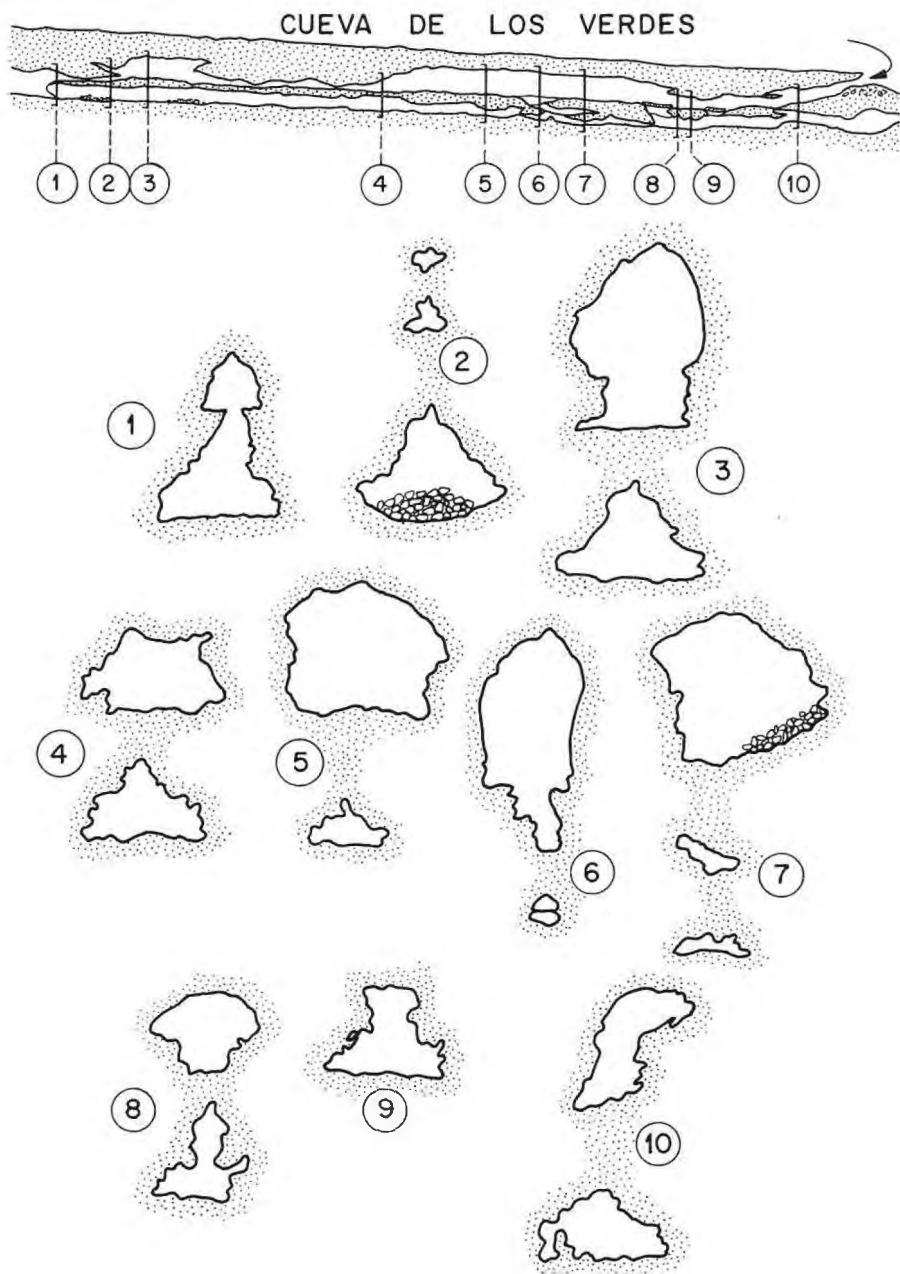
In between the Auditorium and the Cueva de Los Verdes, there is a site which can no longer be visited. It is called, Cueva de Los Lagos, and is flooded with sea water (it is below sea level).

The tunnel continues under the sea and is known as "The Tunnel of Atlantis". This submarine tunnel stretches south, and ends at a depth of 62 m after travelling 1,415 m (Exley et al.; in Jantschke et al. 1994).

On the following pages, some profiles and sections of the tunnel of the volcano of La Corona and the submarine part of it can be seen.

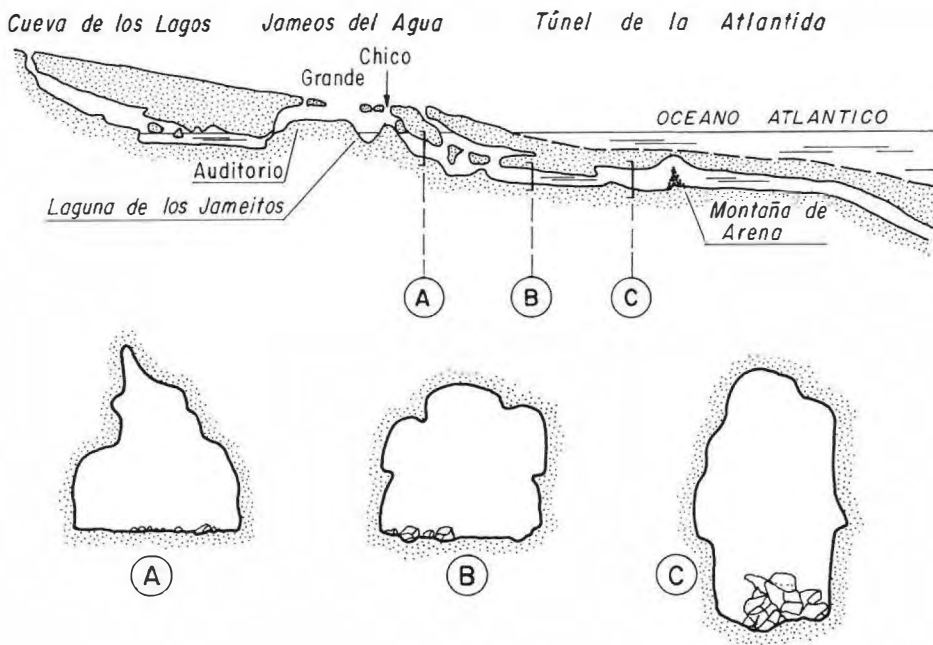






Perfil y secciones de la Cueva de Los Verdes. La visita se inicia recorriendo el túnel inferior, en dirección al volcán de La Corona, haciéndose el regreso por el túnel superior en la dirección de la corriente lávica.

Profile and cross sections of the Cueva de Los Verdes. The visit starts in the lower tunnel towards La Corona volcano, coming back through the upper tunnel following the lava flow.



Perfil y secciones de los tramos finales del túnel del volcán de La Corona, incluyendo su prolongación submarina. Los visitantes acceden a las instalaciones turísticas de Los Jameos del Agua por el Jameo Chico, pudiendo subir a la Casa de Los Volcanes o acceder al Auditorio desde el Jameo Grande.

Cuando las lavas del volcán de La Corona llegaron al mar, la línea de costas se encontraba donde el túnel de la Atlántida gira hacia el Sur (zona del perfil B), quizá obligado por la barrera que se formó al enfriarse rápidamente las lavas al entrar en contacto con el agua. Esta línea de costa, en la época de la formación del túnel, se encontraba también 30 m por debajo del nivel del mar actual, lo que permite suponer que la erupción del volcán de La Corona ocurrió hace unos 10.000 años, hacia el final de la edad del hielo.

Profile and cross sections of the last parts of the volcanic tube of La Corona volcano, including its submarine prolongation. The visitors can enter the touristic installations of Jameos del Agua by the Jameo Chico and go up to the Casa de los Volcanes or enter the Auditorium by the Jameo Grande .

When the lavas from La Corona volcano entered the sea, the seashore was located where Atlantis tunnel turns to the South (Profile B), perhaps due to the barrier formed by the quick cooling of the lava in touch with the sea water. When the tunnel was built, this seashore line was also 30 m below the present sea level, which allow to suppose that La Corona volcano eruption took place 10,000 years ago, approximately by the end of the Ice Era.

REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO/ *REFERENCES CITED IN THE TEXT*

- Araña, V., Bustillo, M.A. (1992). Volcanologic concerns of the siliceous metasedimentary xenoliths included in historic lava-flows of Lanzarote (Canary Islands). Acta Vulcanologica, 2, 1-6.
- Araña, V., Díez-Gil, J.L., Ortiz, R., Yuguero, J. (1984). Convection of geothermal fluids in the Timanfaya volcanic area. Lanzarote, Canary Is. Bull. Volcanol., 47, 667-677.
- Araña, V., Ortiz, R. (1991). The Canary Islands: Tectonics, Magmatism and Geodinamic Framework. En Extensive Magmatism and Structural Setting. A. Kampunzu y P. Lubala (Eds.). Springer Verlag. Heidelberg, 209-249.
- Carracedo, J.C., Rodríguez, E. (1991). Lanzarote. La erupción volcánica de 1730. Serv. Public. Cabildo Insular Lanzarote, 184 pp.
- Hernández, J.J., Medina, A.L., Martín, J.L., Izquierdo, J., Oromi, P. (1989). Las Cuevas Volcánicas de Lanzarote. In: ESF Meeting on Canarian Volcanism, 193-197.
- Hernández-Pacheco, E. (1960). En relación con las grandes erupciones volcánicas del siglo XVIII y 1824, en Lanzarote. El Museo Canario, 73, 239-254.
- Jantschke, H., Nohelen, C., Schafheutle, M. (1995). Túnel de la Atlántida. A documentation of the GHS. expedition 1994 (preprint), 38 pp.
- Pasquaré, G., Marinoni, L., Pareschi, M.T. (1989). Tectonics of Lanzarote C.I. In: ESF Meeting on Canarian Volcanism, 77-79.
- Romero, C. (1991). La Erupción de Timanfaya (Lanzarote 1730-1736). Serie Informes, 30. Univ. La Laguna, Tenerife, 136 pp.
- Romeu, A., Araña, V. (1982). Diario pormenorizado de la erupción volcánica de Lanzarote en 1824. An. Est. Atlánticos, 28, 15-61.

TEXTOS DE VOLCANOLOGÍA / *GENERAL VOLCANOLOGY*

- Araña, V., Martí, J., Martini, M., Ortiz, R., Sparks, R.S, Wilson, C., Wilson, L., Wohletz, K., Yokoyama, I. (1993). En: La Volcanología Actual. Nuevas Tendencias J. Martí y V. Araña (Editores), Vol. 21. CSIC Madrid, 578 pp.
- Araña, V., Ortiz, R. (1984). Volcanología. CSIC-Rueda, Madrid, 528 pp.
- Decker, E.R., Decker, B. (1993). Montañas de Fuego. McGraw Hill, Madrid, 231 pp.
- Simkin, T., Siebert, L. (1994). Volcanes of the World. Smithsonian Inst. Geoscience Press. Tucson, Arizona, 349 pp.
- Wohletz, K., Heiken, G. (1992). Volcanology and Geothermal Energy. Univ. California Press, 432 pp.

SERIE CASA DE LOS VOLCANES (números publicados y en preparación)
SERIE CASA DE LOS VOLCANES (*published or in preparation*)

- 1 - (1990, agotado). Instrumentación y Proceso de datos en Ciencias de la Tierra
Editor Científico: Alicia García
12 Artículos, 22 Autores, 206 páginas
- 2 - (1992, agotado). Elementos de Volcanología
Editor Científico: José Luis Díez Gil
20 Capítulos, 7 Autores, 302 páginas
- 3 - (1994) In Memoriam Dr. José Luis Díez Gil
Editores Científicos: Alicia García y Alicia Felpeto
19 Artículos, 45 Autores, 278 páginas
- 4 - (1995). A field Guide to the Central Volcanic Complex of Tenerife
Editores Científicos: Joan Martí y Josep Mitjavila
5 Artículos + Guía, 6 Autores, 156 páginas
- 5 - (1996). Riesgo Volcánico
Editor Científico: Ramón Ortiz
11 Artículos + Anexos, 10 Autores, 304 páginas
- 6 - (1997, este volumen). Guía/*Guide*: Lanzarote, Casa de Los Volcanes-Jameos del Agua, Túnel del Volcán La Corona-Cueva de Los Verdes.
Editor Científico: Vicente Araña
3 Partes, 128 páginas
- 7 - (En preparación). "Instrumentación en Volcanología"
Editor Científico: Ramón Ortiz
- 8 - Reedición actualizada de "Elementos de Volcanología"
Editor Científico: Alicia García

EDICIÓN CD-ROM - Casa de Los Volcanes
C.V. - Estación Geodinámica de Lanzarote
Editor: Lorenzo Duarte

EDICIÓN INFANTIL - Vigilando Volcanes
C.V. Autor: Ramón Ortiz

- Lanzarote. Casa de Los Volcanes
Coordinación: M. Nieves Morales y Ana Carrasco

ÍNDICE DE TÉRMINOS / INDEX

aa (lavas)	91
ácidas (rocas, magmas)	26
alcalinas (rocas, magmas)	26, 37
andesitas / <i>andesites</i>	26
arcos (de islas)	15, 37, 39
<i>ash</i>	80
astenosfera / <i>asthenosphere</i>	14
basalto / <i>basalt</i>	26, 28, 29
básicas (rocas, magmas)	26
bombas / <i>bombs</i>	84
calcoalcalinas (rocas, magmas)	26, 37
caldera	50, 78
cenizas	80
<i>cinder</i>	20
columna eruptiva	20
<i>core</i>	18
corteza terrestre	14,
cráter	78
<i>crust</i>	14
diques / <i>dikes</i>	28, 29
domo / <i>dome</i>	96
dorsal oceánica	15, 37, 38
dunita / <i>dunite</i>	28, 29
erupciones (Hawaiana, Stromboliana, Plíneana, Vulcaniana)	18-23
escorias	20
estafilitos (estalactitas de lava)	78
estratovolcanes	78
eutaxitas / <i>eutaxites</i>	28, 29
fonolitas	26
gabros / <i>gabbros</i>	26, 28, 29
hidromagmáticas (erupciones)	86
hidrotermales (procesos, depósitos)	77
hornitos	96
<i>hot spots</i>	15, 38
ignimbritas / <i>ignimbrites</i>	28, 29
<i>island arcs</i>	15, 37, 39
islotos	75
jameos	8
lagos de lava	96
lavas	18, 91
<i>lava lakes</i>	96
lavas cordadas	91, 94, 95
lapilli	84
litosfera / <i>lithosphere</i>	14

magma	18, 37
malpaís	91
<i>mantle</i>	14
manto terrestre	14
monogenéticos (volcanes)	78
morrenas / <i>morraines</i>	88
nubes ardientes / <i>nuee ardent</i>	22, 28
núcleo terrestre	14
obsidiana / <i>obsidian</i>	26, 28, 29
olivino / <i>olivine</i>	28, 29
pahoehoe (lavas)	91
Pangea	14
<i>phonolites</i>	26
picón	84
piroclastos / <i>pyroclasts</i>	20, 78
placas (tectónicas) / <i>plates (tectonic)</i>	14, 37
plataformas, plateaux (basálticas)	37, 39
<i>plumes</i>	18
poligenéticos (volcanes)	78
pómez	28
precursores (fenómenos)	32, 33
<i>pumice</i>	29
puntos calientes	15, 37, 38
<i>ridges (oceanic)</i>	15, 37, 38
rifts	15, 37, 39
riolitas / <i>riolites</i>	26
<i>ropy</i> (lavas)	91, 94, 95
sálicas (rocas, magmas)	26, 28, 29
<i>shields</i>	78
sienitas / <i>syenites</i>	26, 28, 29
<i>staphilites (lava stelactites)</i>	109
<i>stratovolcanes</i>	18
tabona	28, 29
toleíticas (rocas, magmas)	26, 37
traquitas / <i>trachytes</i>	26
viscosidad / <i>viscosity</i>	19, 88
xenolitos / <i>xenoliths</i>	28, 29, 72

GUÍA/GUIDE: LANZAROTE
CASA DE LOS VOLCANES-JAMEOS DEL AGUA
TÚNEL DEL VOLCÁN DE LA CORONA-CUEVA DE LOS VERDES

Serie CASA DE LOS VOLCANES nº 6

Palabras Clave: Islas Canarias, Lanzarote, Volcanes, Volcanología

***Excmo. Cabildo de Lanzarote**

Editor: Servicio de Publicaciones. Consejerías de Educación y Cultura y de Centros Turísticos.

Casa de Los Volcanes.

Depósito Legal GC-337/97

I.S.B.N.: 84-87021-40-9

IMPRIME: GRAFIDRÍDMA

