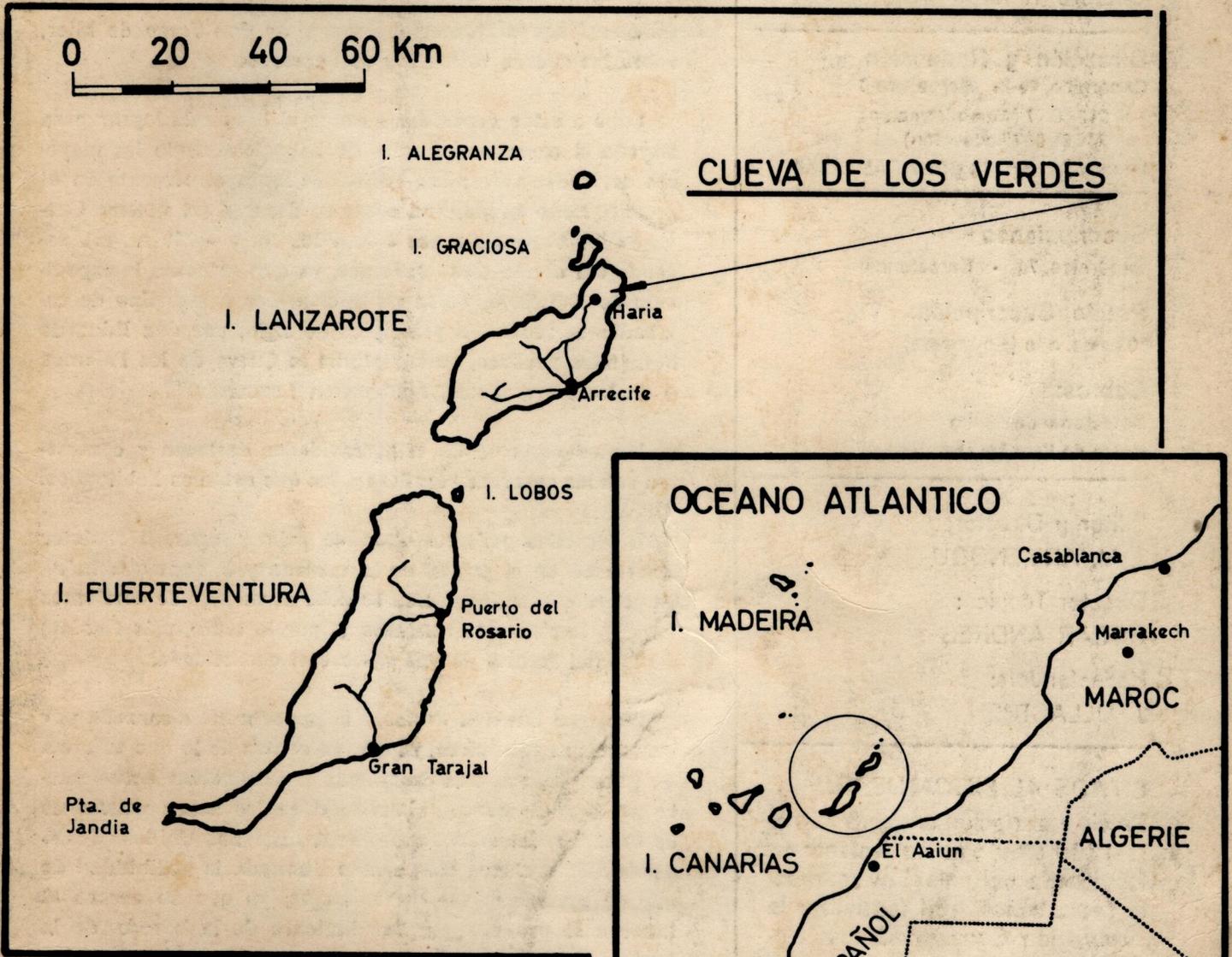


"KARST,"

ESTUDIO MORFOGENICO DE LAS CAVIDADES
VOLCANICAS DESARROLLADAS
EN EL MALPAIS DE LA CORONA



ISLA DE LANZAROTE, Canarias

por
**Joaquín MONTORIOL-POUS y
Jorge DE MIER**

GEO y BIO

"KARST,"

REVISTA
DE ESPELEOLOGIA

Barcelona - Dep. Legal B. 25.240-1964

Año VI N.º 22

Octubre 1969

Dirección y Redacción

Copérnico, 75 - Barcelona-6

Tel. 212 00 77 (Administración)

Tel. 246 01 68 (Redacción)

Impresión: ARTES GRAFICAS LESSEPS

Suscripciones

Copérnico, 75 - Barcelona-6

Precio Suscripción:

100 ptas. año (5 números)

Cobros:

Barcelona: domicilio

Resto de España: reembolso.

Editor y Director:

J. M. ARMENGOU

Director Técnico:

OSCAR ANDRES

Redactor-Jefe:

J. ULLASTRE

ENVIOS AL EXTRANJERO:

Precio suscripción anual (5 números) 300 ptas. o su equivalente en la moneda del país. Enviar transferencia bancaria al formalizar la suscripción Correspondencia Copérnico, 75, Barcelona-6 España. Transferencias bancarias, solo para el extranjero J. M. Armengou Marsans - Banco de Bilbao, Agencia "O" Barcelona-6 ESPAÑA.

NUESTRO SEGUNDO NUMERO MONOGRAFICO

Abrimos estas páginas con la presentación del trabajo de don Joaquín Montoriol Pous y de don Jorge de Mier, sobre las cuevas volcánicas de Lanzarote.

Cabe a estos conocidos autores el honor de lograr para España el espectacular salto de haber estudiado las mayores cavidades volcánicas conocidas hasta el presente en el mundo, tanto en longitud como en desnivel (el sistema Cueva de los Verdes alcanza 6 km. 100 m. y —230 m. p.), sacando del olvido estas cavernas, ya que antes de la expedición de 1961-62, la única visita científica a este tipo de cavidades se realizó, a principios de siglo, por don Eduardo Fernández Pacheco, quien estudió la Cueva de los Palomos o de los Naturalistas, también en Lanzarote.

Varios aspectos de estas cavidades destacan y contrastan con las cavernas kársticas a las que estamos habituados.

Entre ellos podemos citar, en primer lugar, el carácter sincrónico en el origen de la caverna y la roca que la alberga, ya que su formación se debe al vaciado de corrientes de lava (masas más calientes y, por lo tanto, más fluidas) dentro del ámbito de una masa casi consolidada.

Debemos también destacar la importancia alcanzada por las cavernas volcánicas, ya que en contra de lo que se creía en principio, son numerosísimas las conocidas actualmente en todo el mundo, abundando en las zonas volcánicas de Canarias, Islandia, Japón, Rusia, Estados Unidos, El Camerún, Haway, etc., etc., siendo ilimitada la posibilidad de que se produzcan nuevos hallazgos, ya que su acceso al hombre se produce por hundimiento de la bóveda de la caverna y formación de una boca de entrada por ella. Lo más probable es que las coladas de lavas basálticas estén materialmente horadadas por estas cavernas.

O. A. B. y J. M. A. M.

**Estudio
morfológico
de las cavidades
volcánicas
desarrolladas
en el
malpaís
de la Corona
(Isla de
Lanzarote,
Canarias)**

INTRODUCCION

Los extraordinarios paisajes volcánicos de la isla de Lanzarote (Canarias) son mundialmente conocidos. La cantidad de volcanes es tal que desde la cumbre del más célebre de ellos, el Timanfaya, la vista alcanza a descubrir alrededor de cien cráteres. La casi totalidad del espacio que queda entre este laberinto de conos volcánicos se halla ocupado por campos de cenizas, de lapilli, de bloques o por extraordinarias coladas de lavas basálticas que forman malpaíses difícilmente transitables. La absoluta falta de vegetación acaba de imprimir un carácter rigurosamente lunar al paisaje.

Las coladas más importantes corresponden a la zona de las Montañas de Fuego, pero en el NE de la isla, cerca de las poblaciones de Haría y Maguez, se extiende asimismo otro importantísimo manto de lava. Este, constituido por basaltos olivínicos, se desarrolla a partir de los flancos de los cráteres de La Corona y La Quemada y se extiende, al ESE, hasta introducirse en las aguas del Océano Atlántico.

En esta gran colada son particularmente abundantes los tubos de lava, cuya sección puede variar desde la de simples conductos totalmente impenetrables para el hombre a la de grandes túneles de varios metros de diámetro. Su longitud es asimismo muy variable; desde unas pocas decenas de metros, hasta varios kilómetros sin solución de continuidad. Las bóvedas de estas galerías se han hundido en diversos puntos dando lugar a enormes pozos, denominados jameos en el dialecto local (*). Existen asimismo gran cantidad de jameos a los que no sigue galería alguna y sí sólo salas laterales de poca importancia.

De todo este amplio conjunto de cavidades subterráneas, la más célebre es, sin lugar a dudas, el gran tubo de lava conocido con el nombre de Cueva de los Verdes; el cual, además de haber jugado un cierto papel en la pequeña historia de la isla, aparece no solamente citado en obras de divulgación (10), sino incluso en guías turísticas (45).

Como es natural, las interesantes formas hipogeeas volcánicas de la isla de Lanzarote han merecido la atención de los investigadores españoles, habiendo sido objeto de exploración y estudio por parte de Hernández-Pacheco, ya en los comienzos del presente siglo (24).

Fue a través del trabajo citado que comenzamos a vislumbrar la gran importancia de los tubos de lava de Lanzarote. En efecto, si bien se conocen muchos centenares de cavidades de tal

(*) Proponemos la palabra jameo para designar cualquier cavidad volcánica de hundimiento, siempre que tal hundimiento, debido a la meteorización u otras causas, sea posterior a la época de consolidación de las lavas. En el presente trabajo será siempre utilizada en tal sentido.

por

Joaquín MONTORIOL - POUS

y

Jorge DE MIER

tipo en Europa (35) (49), Africa (15) (29), Asia (12) (16) y, particularmente, en América del Norte (14) (18) (27) (*), ninguna de ellas parecía tener la importancia de las existentes en las islas Canarias. Fue por ello que, bajo nuestra indicación y dirección, el Grupo de Exploraciones Subterráneas (G.E.S.) de la Sociedad de Ciencias Naturales Club Montañés Barcelonés, organizó y llevó a cabo dos expediciones espeleológicas a las islas de Lanzarote y Fuerteventura. (En la segunda de las islas citadas se llevaron a cabo primordialmente trabajos de prospección en vista de futuras expediciones.)

Estas dos expediciones tuvieron lugar durante los años 1961 y 1962. Durante la primera de ellas se logró empalmar directamente el Jameo de Prendes con la Cueva de los Verdes, llevándose a cabo un recorrido subterráneo integral, sin salir al exterior, de 4.280 metros; el desnivel salvado durante la travesía fue de -230 metros: estas magnitudes convirtieron la Cueva de los Verdes en la mayor cueva volcánica del Mundo (tanto en lo que se refiere a su desarrollo como en lo que se refiere a su desnivel (46)).

Durante la expedición de 1962 se consiguió unir el sistema Jameo de Prendes-Cueva de los Verdes con el Jameo Cumplido, con lo cual el recorrido subterráneo continuo del sistema, sin salir al exterior, alcanzó la extraordinaria cifra de 6.100 metros (31) (47) (48). Con ello la Cueva de los Verdes no sólo es la mayor cavidad volcánica conocida en el Mundo, sino que supera en varios kilómetros a la que sigue en segundo lugar. Con esta segunda expedición quedó finalizada la topografía total del extraordinario tubo de lava y se completó la anotación de datos morfológicos así como la toma de muestras petrológicas y mineralógicas. Los datos que se obtuvieron mediante la aplicación a tales muestras de la complexometría, roentgenografía, espectrografía óptica y espectrografía por fluorescencia de rayos X, han sido ya publicadas por el primero de los que suscriben (32); no obstante, debido al muy particular interés de los datos obtenidos, serán asimismo incluidos en el presente trabajo.

Además del sistema Jameo de Prendes-Cueva de los Verdes (que empalma, sin solución de continuidad, con Jameo de la Gente, Jameo Cumplido y Puerta Falsa), se exploraron y estudiaron durante esta segunda expedición otras ocho cavidades (Jameo de Arriba, Jameo de la Corona, Jameos de los Lajares, Jameo Largo, Jameo Redondo, Jameo de los Lagos, Las Cuevas inferior y Las Cuevas superior) que, junto con el Jameo del Agua, topografiado en 1961, arrojan en conjunto un recorrido de otros 2.000 metros.

De esta serie de cavidades que no empalman directamente (en cuanto a penetrabilidad por el hombre se refiere) con el gran tubo de lava de la Cueva de los Verdes, sólo se topografió el Jameo del Agua, ya que el tiempo disponible no permitió en las demás cavidades más que el trazado de croquis a visu. Así, pues, los esquemas de que de ellas se incluyen tienen únicamente valor morfológico, no topográfico.

Después de nuestras exploraciones se procedió, muy acertadamente ya que constituye una de las incomparables bellezas naturales de la isla de Lanzarote, a la urbanización de un tramo de la última cuarta parte del gran tubo de lava, o sea de la comprendida entre la Puerta Falsa y la Cueva de los Verdes. Con ello los turistas que visitan la isla de los volcanes pueden contemplar, sin peligro ni dificultad alguna, una parte de esta maravilla subterránea.

Posteriormente, Bravo (3) (4) y Macau Villar (30) llevaron a cabo, separadamente, visitas de estudio a esta última cuarta parte de la caverna; publicando el primero interesantes datos morfogénicos y el segundo un documentado trabajo de tipo descriptivo, con algunas anotaciones sobre la génesis, acompañado por un detallado levantamiento topográfico de la parte visitada (tramo Puerta Falsa-Cueva de los Verdes). En este plano pueden observarse las obras artificiales llevadas a cabo para acondicionar los últimos 550 metros de la cavidad.

El citado trabajo incluye, asimismo, la planta y alzado del Jameo del Agua, cosa particularmente interesante, ya que su comparación con el plano que aquí se incluye permite poner de manifiesto importantes cambios topográficos ocurridos entre los dos levantamientos. Sobre ello se insistirá en el respectivo apartado.

Finalmente, en 1967, y con la finalidad de realizar un estudio comparativo de los tubos de lava de Lanzarote con los de otras regiones del planeta, organizamos y llevamos a cabo (gracias a una triple subvención de la Federación Catalana de Montañismo, del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona y de la Excm. Diputación Provincial de Barcelona) una expedición espeleológica a la nórdica Isandía, el país del hielo y del fuego (*). Durante la misma se exploraron y estudiaron trece cavidades volcánicas (49) (una de las cuales ocupa el segundo lugar mundial, detrás de la Cueva de los Verdes), efectuándose los estudios comparativos previstos y el levantamiento topográfico de todas ellas. Cabe indicar que se descubrieron nuevos tipos de cavidades, de las cuales no existen ejemplos en Lanzarote. No obstante, el cúmulo de datos adquiridos durante las tres expedicio-

(*) En el trabajo (18) el lector encontrará abundante bibliografía sobre los tubos de lava norteamericanos.

(*) En la actualidad se hallan en curso de preparación nuevas expediciones para proseguir los estudios comparativos entre cavidades volcánicas de diversos lugares del Mundo.

nes (Lanzarote-61, Lanzarote-62, Islandia-67) es tal que hemos acordado su publicación en dos trabajos: así pues, en el presente se expondrán únicamente los resultados adquiridos en Lanzarote, dejándose para una próxima publicación los resultados adquiridos en Islandia y los estudios comparativos.

No podemos terminar esta introducción sin antes dar gracias a todos cuantos colaboraron en el desarrollo de las dos expediciones a Lanzarote: a nuestros compañeros del Grupo de Exploraciones Subterráneas del C. M. Barcelonés, don Francisco Monmany y don Jaime Assens, geólogo; y a los lanzaroteños don Oscar Torres, don Francisco Reyes, don Nicolás Reyes y don Aquilino Rodríguez, sin cuya eficaz y desinteresada colaboración no hubiéramos podido llevar a cabo las exploraciones e investigaciones realizadas.

I. GEOLOGIA

a. La península de Haría

En la zona N de Lanzarote se levanta el macizo de Famara, en donde culmina la orografía de la isla (Peñas del Chache, 675 m.). Este macizo, que termina de una manera espectacular en los acantilados de la Punta de los Fariones, extremo septentrional de Lanzarote, constituye la asimétrica espina dorsal de una península que se desarrolla al NE de Haría (fig. 1, ver portada), segunda población de la isla, extendida a los mismos pies del volcán La Atalaya.

a la casi totalidad de los basaltos olivínicos expulsados por las grandes erupciones recientes (4) (22) (25) del volcán La Corona (610 m.) a dirigirse hacia las costas orientales de la península, que sufrieron por ello un importante avance.

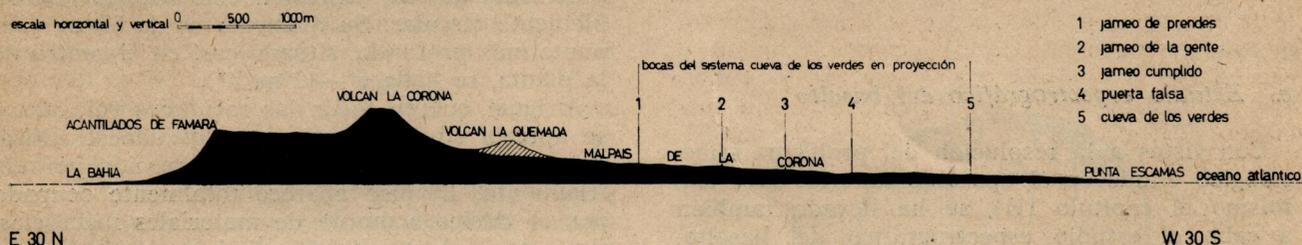
La casi totalidad de la península de Haría (26) se halla ocupada o por los basaltos antiguos o por los materiales expulsados durante las citadas erupciones recientes. Únicamente una estrecha faja de terreno, de unos 700 m. de anchura por 2,5 km. de longitud, situada al E y al S de Orzola, el caserío más septentrional de la isla, aparece constituida por materiales sedimentarios (calizas, arenas y materiales detríticos cuaternarios). Esta franja se halla encajada entre los grandes acantilados orientales del extremo N del macizo de Famara (que aquí alcanza los 475 m.) y la zona más septentrional del malpaís de La Corona.

b. El malpaís de La Corona

El desarrollo planimétrico del malpaís de La Corona se asemeja, por su forma, a un delta cuyo vértice estuviera en el propio cráter del volcán. La distancia desde el cráter a Punta Escamas, el lugar más oriental de la colada, es de 6,4 km.; según la dirección más o menos perpendicular, del caserío de Arrieta al de Orzola, el malpaís se extiende sobre 10,5 km. Hipsométricamente se desarrolla a la manera de un inmenso talud, que desciende desde el cráter hasta las aguas del Océano Atlántico.

Toda el área presenta un aspecto extraordina-

FIGURA 2



Perfil hipsométrico transversal de la isla de Lanzarote, a través del malpaís de La Corona.

La península presenta una longitud de unos 12 km. desde el monte de La Faja a la Punta de los Fariones, por una anchura de 9 km. desde Punta Escamas a La Bahía. Considerando una sección transversal de la misma, que pase por los puntos que acabamos de indicar, puede observarse claramente su marcado desarrollo asimétrico (fig. 2). Esta asimetría vino condicionada por la disposición de los basaltos antiguos, que obligó

riamente caótico, resultando difícilmente transitable. Para detalles ver el trabajo de Bravo (4).

No insistimos sobre las características geológicas generales de Lanzarote que no guardan relación con la problemática del presente trabajo; por otra parte, el lector que se interese por ellas puede consultar las publicaciones del Instituto «Lucas Mallada» (13) (*).

(*) En el trabajo (13) el lector encontrará una completa bibliografía sobre la geología de Lanzarote.

c. Composición del basalto

La composición del basalto que forma el malpaís de La Corona había sido ya determinada por Hausen (23). No obstante, la resolución del problema planteado por la presencia de ciertas mineralizaciones en la Cueva de los Verdes (ver capítulo III), ha exigido nuevas determinaciones con muestras procedentes de la roca que encaja los mismos tubos de lava.

La determinación cuantitativa de los diferentes óxidos se realizó, siempre que ello fue posible, por el método de la complexometría (37). Como quelante (39) se utilizó exclusivamente el AEDT (2) (11) (42), valorándose con tal procedimiento Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO y MgO .

El TiO_2 fue determinado por colorimetría; Na_2O y K_2O mediante espectrofotometría; SO_3 mediante precipitación con cloruro de bario; y Si_2O por diferencia. Los resultados promediados obtenidos se hallan consignados en la tabla I.

TABLA I

SiO_2	40.45 %
Al_2O_3	15.77 »
Fe_2O_3	14.70 »
TiO_2	4.50 »
CaO	10.80 »
MgO	10.03 »
K_2O	0.90 »
Na_2O	2.64 »
SO_3	0.34 »
p. f.	0.60 »

d. Estudio espectrográfico del basalto

Con vistas a la resolución del problema mineralógico citado en el apartado anterior (ver asimismo el capítulo III), se ha llevado también a cabo el estudio espectrográfico del basalto. Para ello se utilizó un espectrógrafo Hilger E498 de prisma de cuarzo, operándose entre 2000 y 16000 Å. La excitación se realizó mediante el método de chispa, operándose bajo una tensión de 12 KV. El espectro fue recogido sobre Ilford Plate Orto 50. La observación de los espectrogramas se realizó mediante el proyector Hilger L89, llevándose a cabo las determinaciones mediante un atlas contruido con los datos proporcionados por el *Massachusetts Institute* (21).

Además de los elementos mayores puestos de manifiesto por la composición en óxidos, se detectó, en todas las muestras estudiadas, la presencia de los siguientes elementos traza:

P, Cu, Sr, Ba, Zn

II. ESPELEOGRAFIA Y ESPELEOMORFOLOGIA

Describiremos en primer lugar los jameos no intercomunicados (Jameo de Arriba, Jameo de la Corona, Jameos de los Lajares, Jameo Largo) situados a no más de un kilómetro del cráter de La Corona y a una altura superior a los 250 m. Aunque estos jameos no se hallan unidos subterráneamente entre sí ni con el sistema de la Cueva de los Verdes, es indudable que constituyen una unidad entre ellos y con el gran tubo de lava de seis kilómetros, ya que el hecho de resultar las intercomunicaciones impenetrables para el hombre es puramente accidental.

A continuación pasaremos a describir el sistema de la Cueva de los Verdes, o sea el gigantesco tubo que intercomunica subterráneamente, a través de pasos más o menos difíciles, pero siempre penetrables para el hombre, el Jameo de Prendes, el Jameo de la Gente, el Jameo Cumplido, la Puerta Falsa y la Cueva de los Verdes.

Se describirán seguidamente el Jameo Redondo, el Jameo de los Lagos y el Jameo del Agua, los cuales, si bien a pesar de los esfuerzos realizados no hemos conseguido enlazarlos con el sistema de la Cueva de los Verdes, forman asimismo parte integrante de él, hallándose obstruidas las intercomunicaciones por los materiales clásicos.

Finalmente, trataremos de Las Cuevas, que constituyen un tubo de lava característico, pero a una escala mucho menor que el de la Cueva de los Verdes.

1. Jameo de Arriba (fig. 3) (ver págs. centrales)

Se trata de una depresión embudiforme, sensiblemente circular. Su diámetro es de 35 m. y el punto más profundo, situado casi en el centro de la planta, se halla a -12 m. (*).

Al igual que en todas las cavidades volcánicas, se aprecia en las paredes una pseudoestratificación del basalto, debida a la retracción por enfriamiento. El piso aparece totalmente ocupado por el clásico acúmulo de materiales macroclásticos, provenientes del hundimiento de la bóveda primitiva. No se aprecia la menor probabilidad de penetración en dirección alguna.

2. Jameo de la Corona (fig. 3) (ver págs. centrales)

Aparece constituido por una depresión única alargada: 80 m. según la dirección E30N y 35 m.

(*) En todas aquellas cavidades cuya representación gráfica lleve la anotación "croquis", las medidas se dan sólo a título aproximado.

según la dirección N30W. El eje mayor de la cavidad se halla orientado según la dirección del tubo de lava sobre el cual tuvo lugar el mecanismo clástico. Aun cuando existen algunos laminadores entre las capas basálticas, por los cuales puede progresarse algunos metros con dificultad, los materiales macroclásticos obturan toda posible penetración según la dirección general del tubo de lava.

El punto de mayor profundidad, que alcanza —14 m., se halla situado en el extremo N30W.

La morfología general de la cavidad es idéntica a la del jameo descrito en el apartado anterior.

3. Jameos de los Lajares (fig. 3) (ver pgs. centrales)

Se trata de un conjunto de tres jameos que estuvieron intercomunicados hasta hace relativamente poco tiempo. En efecto, si bien el paso de uno a otro resulta impracticable para el hombre, los acúmulos de materiales clásticos que constituyen la separación son tan poco importantes que, en algunos puntos, puede observarse el paso de la luz a través de ellos. El conjunto presenta un recorrido de 400 m. y un desnivel máximo (que se alcanza en el extremo S del Jameo de los Lajares núm. 1) de —25 m.

La morfología de las paredes y del piso es la característica de este tipo de formaciones. En el extremo SW del Jameo núm. 1, la primitiva morfología se ha visto profundamente modificada por la mano del hombre. Los sedimentos clásticos fueron extraídos hasta una regular profundidad y retenidos mediante un muro de contención, mientras que el piso fue terraplenado; con ello se logró obtener una amplia cavidad subterránea artificial. Es probable que el trasiego de materiales clásticos contribuyera a obstruir la intercomunicación entre el Jameo núm. 1 y el Jameo núm. 2.

4. Jameo Largo (fig. 3) (ver págs. centrales)

Aunque de tamaño mayor, ya que su eje longitudinal alcanza 125 m., presenta unas características topográficas y morfológicas semejantes a las del Jameo de la Corona. El eje mayor coincide con la dirección del tubo de lava (que aquí es N-S) responsable del mecanismo clástico.

Su profundidad es únicamente de —10 m., pero en los extremos N y S de la oquedad existen unas depresiones embudiformes artificiales, de 4 y 5 m. de profundidad, respectivamente, obtenidas por extracción de materiales del estrato clástico. Ignoramos qué fines perseguían los que llevaron a cabo tan impropio trabajo.

5. Sistema de la Cueva de los Verdes (6.1 km. —230 m.) (figs. 4, 5, 6 y 7) (ver despleables)

a. Espeleografía y espeleomorfología

La Cueva de los Verdes se halla constituida por un tubo de lava único, carente totalmente de bifurcaciones, cuyos extremos distan 3.9 Km. Debido a poseer tramos dobles superpuestos (triples en algunas zonas) y a su enlace con el Jameo Cumplido, la longitud total de sus galerías se eleva a la extraordinaria cifra de 6.1 Km., lo cual la convierte en la mayor cavidad volcánica explorada hasta el presente en todo el mundo. El desnivel entre sus extremos alcanza —230 m., profundidad verdaderamente fuera de lo corriente para un tubo de lava y, asimismo, la mayor conocida en la actualidad.

La cueva comunica con el exterior a través de cinco bocas, denominadas, de arriba a abajo: Jameo de Prendes, Jameo de la Gente, Jameo Cumplido, Puerta Falsa y Cueva de los Verdes. La cavidad se prolonga asimismo hacia arriba, a partir del Jameo de Prendes, y hacia abajo, a partir de Cueva de los Verdes.

La prolongación hacia el NW a partir del Jameo de Prendes (boca de 12 por 12 m.) es corta y de peligrosa exploración en su zona terminal. El piso aparece constituido por materiales clásticos muy inestables que se acercan progresivamente al techo, hasta que, a los 65 m., obturan totalmente el conducto. Los mecanismos clásticos han desorganizado la primitiva morfología del tubo.

Hacia abajo, el conducto es de reducidas dimensiones y, a los pocos metros de recorrido, presenta un salto vertical (para descenderlo es preciso efectuar un *rappel*). En la parte inferior de las paredes se aprecian unas formas hemicilíndricas adosadas, de unos 2 m. de diámetro (ver sección AA', fig. 4), que se prolongan a través del salto vertical (existe, además, un puente rocoso). En aquellos puntos en que tales formas se acercan al techo, éste presenta gran abundancia de estafilitos (*).

El tamaño y la morfología de los hemicilindros varía a lo largo del recorrido: en algunas zonas presentan un tamaño muy superior al citado (hasta 7 m. de diámetro) (ver secciones 2, fig. 5 y CC', fig. 4); en otras aparecen únicamente en una de las dos paredes (ver sección 1, fig. 5); finalmente, algunos tramos carecen totalmente de ellas (ver sección 4, fig. 5 y BB', fig. 4). Cabe indicar (ya que, como veremos más adelante, ambas formaciones se hallan relacionadas) que en una pequeña zona la galería presenta tres tramos superpuestos.

En dos puntos de la galería, a 50 y a 100 m. del Jameo de Prendes (ver fig. 4, planta) pueden observarse costras parietales de color parduzco y depósitos pulverulentos blancos en el piso.

(*) Aceptamos el vocablo estafilito, propuesto por el filólogo Juan Alvarez Delgado (3), para designar las estalactitas y las estalagmitas de lava.

Tras un recorrido de 1.170 m., la galería, cuya máxima sección es de 20 por 16 m., desemboca debajo de la gran boca del Jameo de la Gente (70 m. de largo por 35 m. de ancho). El piso aparece totalmente ocupado por un ingente acúmulo de materiales clásticos, provenientes del hundimiento que ha engendrado la propia boca; tales materiales forman pendiente hacia los pórticos N (dirección Jameo de Prendes) y ESE, por donde continúa la cavidad. (Entre los bloques se encuentran esqueletos y abundantes restos de camello, ya que los habitantes de la región lo utilizan para arrojar los animales muertos.)

El tramo que se extiende entre el Jameo de la Gente y la Puerta Falsa posee una longitud de 1.165 m., pero debido a su desarrollo vertical, presenta un recorrido superior. En efecto, su segunda mitad ofrece un piso superpuesto y en su porción central se encuentra el empalme con el Jameo Cumplido (ver fig. 7) con una longitud de 1.115 m. Esta zona posee, además, la mayor sección de la cavidad: 26 por 14 m. (ver sección DD', fig. 4).

En cuanto a la morfología del tubo, esta porción es la que presenta una mayor discontinuidad en el desarrollo de las formas hemisilíndricas. En algunos puntos aparecen bien desarrolladas (ver sección EE', fig. 4); en otros aparecen despegadas de la pared (con toda clase de formas de transición: desde algo separadas a caídas al sue-

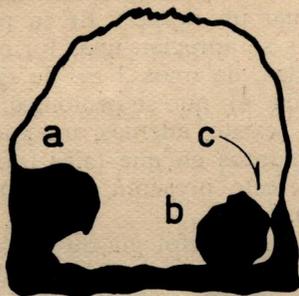
lo (fig. 6) y rotas a pedazos); finalmente, se hallan ausentes en numerosos lugares (ver secciones DD' y FF', fig. 4). Por otra parte, se observan en este tramo de la caverna dos perfiles transversales que no se reproducen en ninguna otra zona: alta y estrecha a manera de cañón (ver sección 5, fig. 5) y abierta en forma de copa (ver sección 6, fig. 5).

El piso presenta tres tipos morfológicos: liso y brillante (raro), bloques empastados en su base sobre una masa compacta y bloques sueltos (el tipo más abundante); éstos pueden ser, a su vez, más o menos lisos y con los bordes angulosos, o bien ásperos y escoriáceos con los bordes muy irregulares. Aproximadamente hacia la mitad de su desarrollo, se encuentra abundancia de depósitos blancos, pardos u ocreos (ver fig. 4, planta), semejantes a los descritos en el tramo anterior.

Al final de la galería, tras remontar una rampa de materiales clásticos, se desemboca en el Jameo de la Puerta Falsa, cuya boca mide 92 por 18 m. Su morfología es semejante a la del Jameo de la Gente.

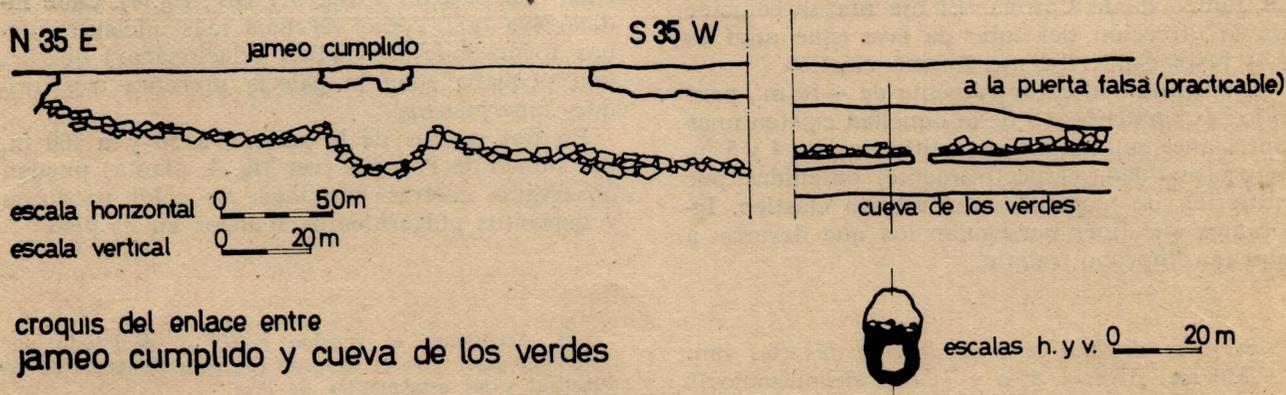
Antes de proseguir con la descripción de la línea principal de la cavidad, vamos a tratar del Jameo Cumplido (fig. 7). Este se abre al exterior a través de dos grandes bocas alargadas según N35E, intercomunicadas por un amplio túnel. El suelo se halla ocupado por un gran acúmulo de bloques provenientes de los hundimientos. Siguiendo la cavidad en el sentido descendente van en aumento los materiales clásticos, hasta que parece quedar completamente obstruida; sin embargo, tras forzar un paso difícil y peligroso por lo inestable de los bloques, se alcanza una extensa galería que, no sin presentar algunas dificultades, permite alcanzar la Puerta Falsa por un camino diferente del que proviene del Jameo de la Gente. Por otra parte, a unos 75 m. del punto casi obstruido, se encuentra un pozo rigurosamente vertical de unos 6 m.; efectuado su descenso (que precisa material espeleológico), se desemboca en el gran eje principal del sistema de la Cueva de los Verdes, constituyendo, por lo tanto, una segunda intercomunicación.

FIGURA 6



Sección transversal de un tubo con una formación hemisilíndrica adherida a la pared (a) y otra desprendida (b), mostrando la superficie que se hallaba "pegada" (c).

FIGURA 7



Volvamos al eje principal de la cavidad. El tramo Puerta Falsa - Cueva de los Verdes alcanza 1.370 m.; longitud que se eleva considerablemente debido a las extensas galerías superpuestas. En líneas generales la morfología del tubo se presenta semejante a la de los tramos anteriores: zonas con formaciones hemisféricas (ver sección HH', fig. 4 y 9, fig. 5); sin ellas (ver sección GG', fig. 4); y con conductos superpuestos (ver sección II', fig. 4).

El piso ofrece los tres tipos ya citados anteriormente. Existe una extensa zona de unos 475 m. de longitud (ver fig. 4, planta) en donde abundan los depósitos pulverulentos blancos, pardos o grises y las costras parietales. En la sección GG' fig. 4) se aprecia el más importante de los depósitos blancos; formación perfectamente cónica, cuya base presenta un diámetro de 8.75 m. y su altura es de 2.75 m. (En el apartado III trataremos extensamente de tales depósitos minerales.)

Los últimos 500 m. fueron urbanizados después de nuestra primera exploración total de la Cueva de los Verdes (expediciones G.E.S.-1961 y G.E.S.-1962) y del informe que dimos personalmente al presidente del Cabildo Insular de Lanzarote, gracias a lo cual los turistas que visitan la extraordinaria isla pueden extasiarse contemplando una pequeña parte de la cavidad. Quien se interese por las muy logradas instalaciones artificiales de esta zona puede consultar el documentado trabajo de Macau Vilar (30).

Desde la boca de la Cueva de los Verdes, en dirección al Océano Atlántico, la caverna continúa aún 130 m. Isinuándose con cuidado entre los bloques sueltos se alcanza el punto de mayor profundidad del sistema: —230 m., desde la boca del Jameo de Prendes (este descenso no es aconsejable por lo peligroso, debido a la inestabilidad de los materiales).

b. Espeleometría

Durante las descripciones del apartado anterior hemos expuesto una serie de datos sobre las magnitudes de la caverna. Sin embargo, a fin de proporcionar una visión de conjunto, damos a continuación una tabla-resumen de sus principales características métricas.

Longitudes parciales lineales (en proyección horizontal)

Extremo NW - Jameo de Prendes: 65 metros.
Jameo de Prendes - Jameo de la Gente: 1.170 m.
Jameo de la Gente - Puerta Falsa: 1.165 m.
Puerta Falsa - Cueva de los Verdes: 1.370 m.
Cueva de los Verdes - extremo SE: 130 m.

Tramos superpuestos

Tramo doble superior: 525 metros.
Tramo doble inferior: 130 metros.
Jameo Cumplido: 1.115 metros.
Sistemas de enlace: 430 metros.

Poligonal uniendo los dos extremos

3 kilómetros 900 metros.

Longitud total de galerías

6 kilómetros 100 metros (longitud máxima conocida en una cavidad volcánica).

Desniveles parciales

Jameo de Prendes - Jameo de la Gente: —86 m.
Jameo de la Gente - Puerta Falsa: —29 m.
Puerta Falsa - Cueva de los Verdes: —95 m.
Cueva de los Verdes - extremo SE: —20 m.

Nota: Los anteriores desniveles se refieren al punto más profundo que se puede alcanzar, no sin dificultades, en cada tramo).

Profundidad total

—230 m. (entre la boca del Jameo de Prendes y el punto más profundo del extremo SE). (Desnivel máximo conocido en una cavidad volcánica.)

Dimensiones máximas de las galerías

Jameo de Prendes - Jameo de la Gente: alto, 16 m.; ancho, 20 m.
Jameo de la Gente - Puerta Falsa: alto, 14 m. ancho, 26 m.
Puerta Falsa - Cueva de los Verdes: alto, 14 m.; ancho, 20 m.

Tamaño de las bocas

Jameo de Prendes: 12 por 12 m.
Jameo de la Gente: 70 por 35 m.
Jameo Cumplido boca N: 112 por 30 m. (aprox.)
Jameo Cumplido boca S: 80 por 30 m. (aprox.)
Puerta Falsa: 92 por 18 m.
Cueva de los Verdes: 22 por 17 m.

Las anteriores magnitudes convierten el sistema de la Cueva de los Verdes en la mayor cavidad volcánica descrita hasta el presente en todo el mundo (31).

Cabe indicar que las medidas anteriores se refieren únicamente al sistema de cavidades intercomunicadas, explorable en su totalidad sin salir al exterior. Pero si consideramos todos los jameos que indudablemente forman parte del mismo, así como sus intercomunicaciones obstruidas por los materiales clásticos, sus verdaderas magnitudes son:

Longitud total de galerías: > 8.5 kilómetros

Profundidad total: —300 metros

Como es natural, la utilización del concepto de índice de excavación (8), que hemos aplicado a todas las grandes cuevas españolas (33), carece aquí de sentido, por tratarse de una cavidad no kárstica.

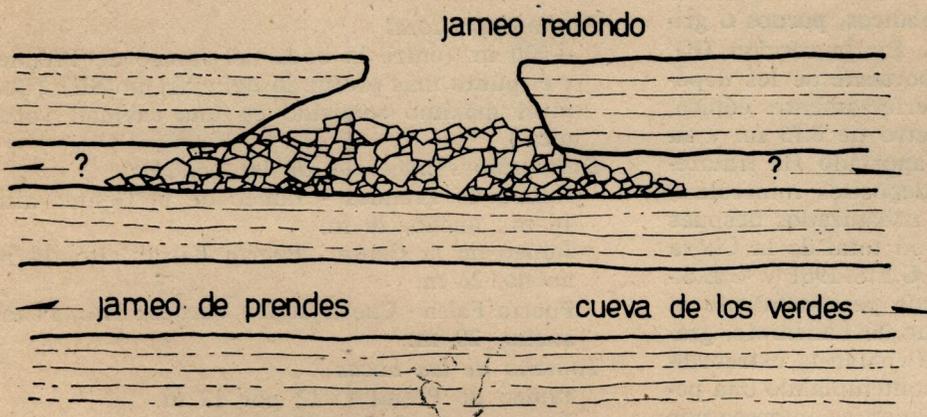
6. Jameo Redondo (Fig. 3) (ver págs. centrales)

El Jameo Redondo se halla constituido por un pozo de unos 50 m. de diámetro y una pequeña cueva interior que se prolonga 20 m. en dirección S20W. El extremo de la citada oquedad constituye el punto de mayor profundidad del jameo, hallándose a —15 m.

Este jameo se halla desarrollado sobre el sistema Jameo de Prendes - Cueva de los Verdes y precisamente en una zona en que el gran tubo de lava alcanza considerables magnitudes. Es por ello que hicimos grandes esfuerzos penetrando entre el acúmulo de materiales clásticos, con grave riesgo algunas veces, a la búsqueda de una intercomunicación con el sistema general; pero todos los intentos resultaron infructuosos.

morfogenéticamente forma parte del mismo. En efecto, no sólo aparece en directa prolongación del gran tubo de lava, sino que la porción impenetrable, debido a los materiales macroclásticos, se reduce a 642 m.

La cavidad presenta un desarrollo rectilíneo de 325 m., comunicándose con el exterior a través de tres grandes bocas (de 12, 90 y 11 m. de longitud, respectivamente) y un pequeño agujero (de



Sección longitudinal poniendo de manifiesto la relación entre el Jameo Redondo (con sus prolongaciones laterales auto-obstruidas) y el sistema de la Cueva de los Verdes

FIGURA 8

No hallándose en esta zona el sistema general interrumpido por los materiales clásticos, es evidente que el hundimiento que engendró el Jameo Redondo se desarrolló a expensas de una galería superior del gran tubo de lava, sin afectar a la galería subyacente. En la fig. 8 se ha esquematizado la disposición descrita.

7. Jameo de los Lagos

Su nombre proviene de presentar las galerías inundadas. Ello es debido a que el piso se desarrolla a un nivel inferior al del Atlántico, por lo cual el agua marina penetra entre las soluciones de continuidad de la roca basáltica.

Su exploración requiere material espeleológico acuático, del cual carecía la expedición, por no haberse previsto tal eventualidad en una cavidad volcánica. Se exploraron unos 50 m. del lago a nado, pero tuvo que abandonarse por falta de iluminación adecuada en el agua. Ignoramos, por lo tanto, cual es el desarrollo del jameo y si existe algún posible empalme con el tubo principal.

8. Jameo del Agua (fig. 9) (ver págs. centrales)

Se trata del mayor de todos los jameos que no empalman directamente con el sistema de la Cueva de los Verdes, aun cuando es indudable que

unos 2 m. de diámetro), cerca del cual se encuentra un bloque de lava que tradicionalmente se ha considerado como el pétreo tapón del mismo, expulsado por la presión del agua vaporizada al entrar la lava en contacto con ella. El eje de la oquedad sufre pequeñas inflexiones, ofreciendo sucesivamente las orientaciones siguientes: N45W, entre el extremo más próximo al Océano Atlántico y la boca más meridional; W5N, entre la abertura citada y la gran boca central; y W20N, en el tramo más cercano a la Cueva de los Verdes.

La anchura de la galería oscila entre 20 y 25 m., alcanzando un máximo de 30 m. en la porción de túnel que une la boca del centro con la boca NW. La altura es mucho más variable, de tal manera que mientras en la rampa que desciende al extremo SE de la cavidad apenas alcanza 2.5 m., en el tramo que va de la boca meridional a la central la bóveda llega a alcanzar 20 m. sobre los materiales clásticos que constituyen el piso.

El desarrollo de las paredes y de la bóveda es morfológicamente idéntico al general de la Cueva de los Verdes. Cabe indicar que en las partes más profundas del jameo —tramo situado entre la boca meridional y la central—, se aprecia un magnífico desarrollo de los cordones hemicilíndricos laterales. Estos deben extenderse de extremo a extremo de la cavidad, pero en la actualidad, dejando aparte la citada zona profunda, resultan

inobservables por haber quedado recubiertos por un estrato macroclástico de considerable espesor.

Las zonas más profundas de la galería bajan a un nivel inferior al de las aguas del Océano Atlántico, las cuales penetran libremente a través de múltiples fisuras del basalto, dando lugar a dos lagos subterráneos. El menor, que constituye el extremo de la cavidad, apenas alcanza los 10 m. de longitud, pero el mayor, situado entre la boca meridional y la central, presenta considerables dimensiones: 40 m. de longitud por 16 m. de anchura. Su profundidad máxima llega a 8 m., pudiendo variar al compás de las mareas (*).

Si comparamos el plano aquí incluido con el de Macau Vilar (30), que fue levantado posteriormente, observaremos dos profundas diferencias: a) El eje de la cavidad en el nuestro ofrece una longitud de 325 m., mientras que en el del citado autor se extiende sobre 225 m. (si le añadimos la longitud del lago meridional que allí no aparece topografiado), o sea que existe una diferencia de 100 m. entre ambos levantamientos, cosa que, a todas luces no puede ser debida a un error; b) en el plano aquí incluido el jameo presenta tres grandes bocas de comunicación con el exterior, mientras que en el de Macau Vilar sólo aparecen dos, o sea que falta todo el extremo comprendido entre la boca central y la septentrional, que es precisamente la de mayor anchura de la cavidad.

Además, el citado autor, refiriéndose a nuestra boca central, indica claramente lo siguiente: «En dirección al Volcán de La Corona, apenas si se

adivina la prolongación del tubo hacia la Cueva de los Verdes, pues aquí los restos del techo hundido se acumulan hasta cegar prácticamente la entrada; en cambio en sentido contrario, con una pendiente más suave, se desciende hacia la boca de entrada en dirección al mar.» (Cosa que, además, se aprecia claramente en la sección longitudinal que publica.)

Como que consideramos imposible que el citado autor y sus colaboradores no pudieran forzar el paso galería arriba, ya que no presentaba ninguna especial dificultad, debemos concluir que entre nuestra visita y la suya ha tenido lugar un hundimiento que ha cegado la continuación en dirección del volcán La Corona. (Es nuestro propósito, caso de realizar una nueva expedición espeleológica a las islas Canarias como tenemos proyectado, el llevar a cabo un detenido estudio de esta zona, a fin de obtener nuevos datos sobre los mecanismos clásticos hipogeos en las cavidades volcánicas.) De todo ello puede concluirse que los mecanismos que por una parte han engendrado los jameos y por otro han aislado las diferentes partes del sistema, pueden observarse en la actualidad.

9. Las Cuevas (Cueva Inferior) (fig. 10)

Se trata de un jameo de modestas dimensiones, cuyo eje longitudinal sigue la orientación N45W. Por él se alcanza una galería que se desarrolla a muy poca distancia de la superficie y cuyo recorrido es, aproximadamente, de unos

Formas secundarias en Las Cuevas. A: a, estafilitos; b, diafragmas gruesos. B: terrazas con ligero vaciado inferior (a-b). C: diafragmas finos. D: a, estafilitos; a', b, diafragmas superpuestos (= 2 períodos de estabilización). E: diafragmas (a) con nueva avenida inferior (b).

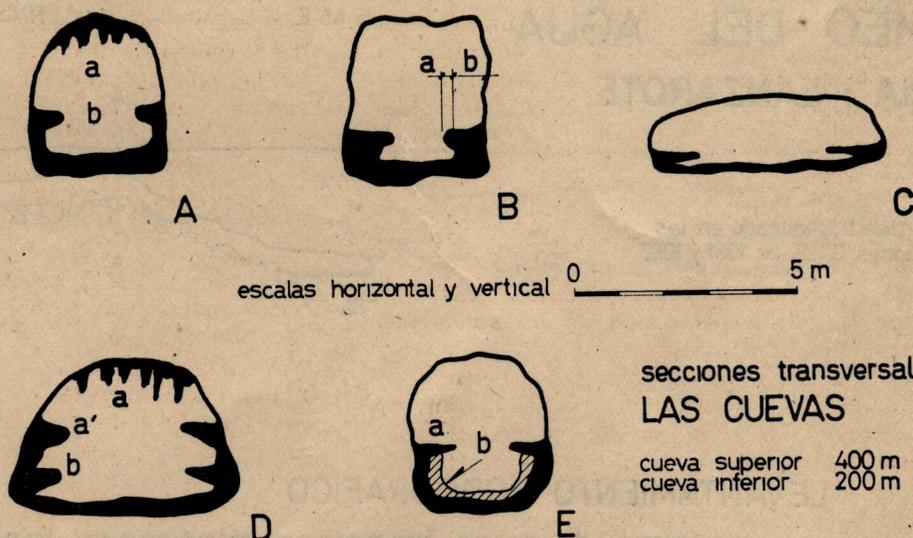


FIGURA 10

(*) Cabe indicar que en este lago subterráneo viven los cangrejos ciegos que constituyen la especie *Munidopsis polymorpha*.

200 m. Las magnitudes del perfil transversal son variables pero en general bastante reducidas, de tal forma que en numerosos puntos hay que avanzar agachado e incluso a gatas.

FIGURA 8

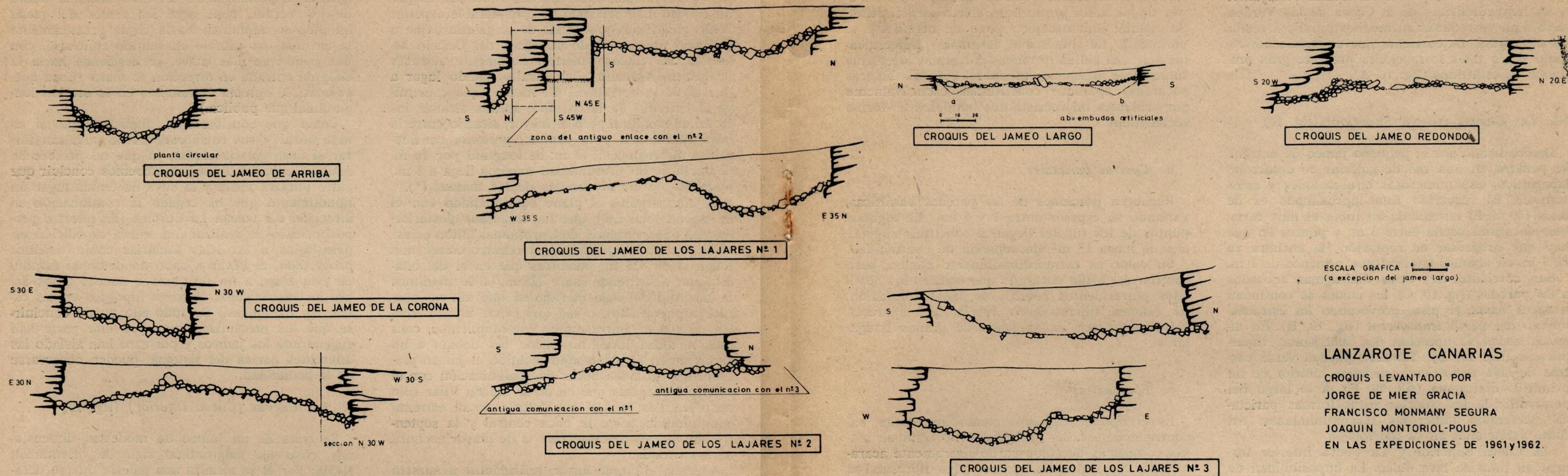
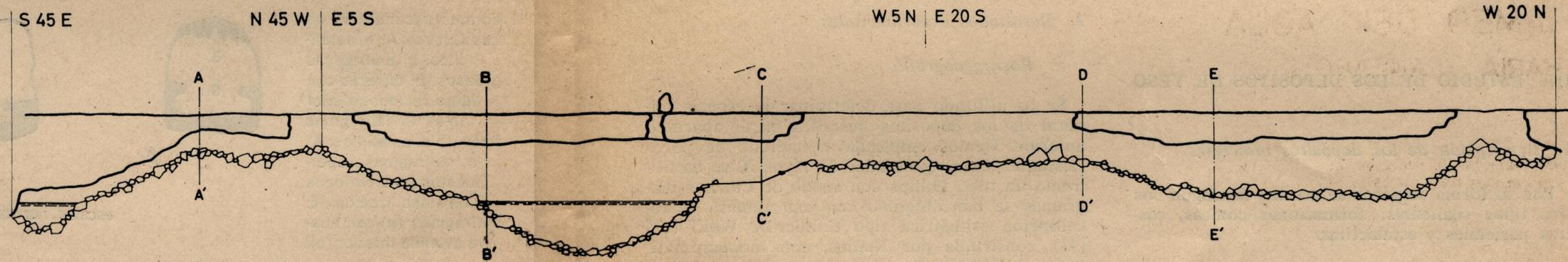


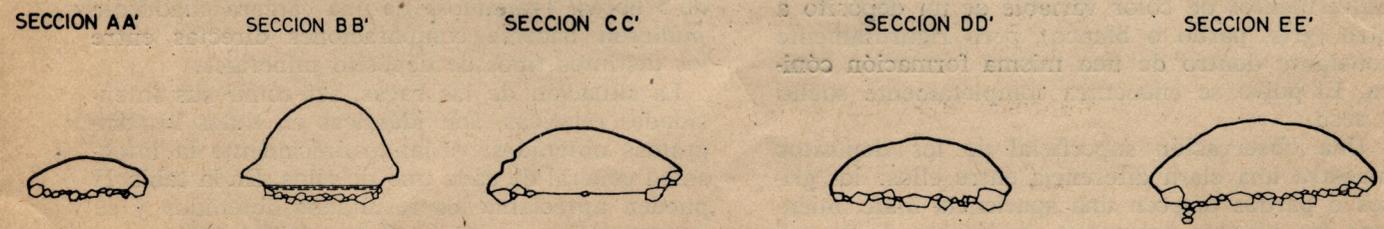
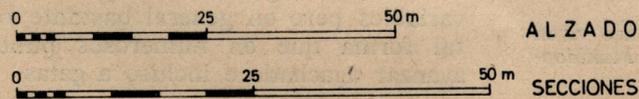
FIGURA 9

**JAMEO DEL AGUA
HARIA - LANZAROTE**

levantamiento realizado en las expediciones G.E.S. de 1961 y 1962



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
jorge de mier, francisco monmany, joaquin montoriol-pous
CON LA COLABORACION DE
francisco reyes, nicolas reyes



CUEVA DE LOS VERDES

HARIA - LANZAROTE (ARCHIPIELAGO CANARIO)

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

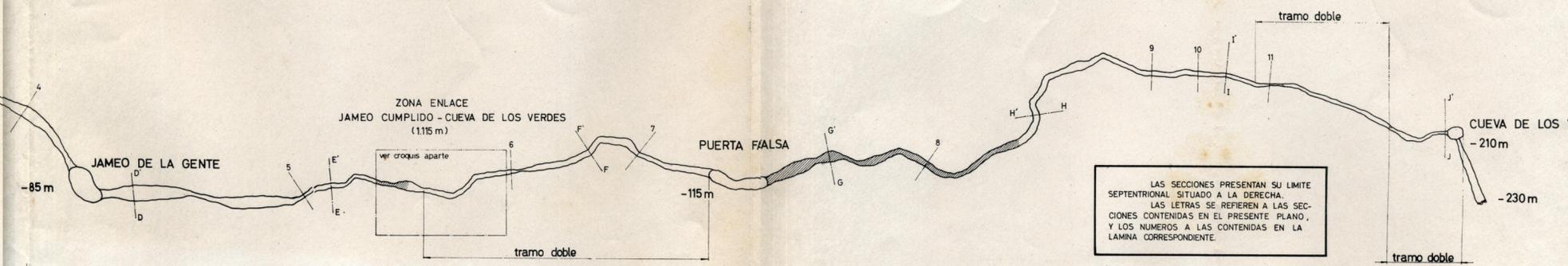
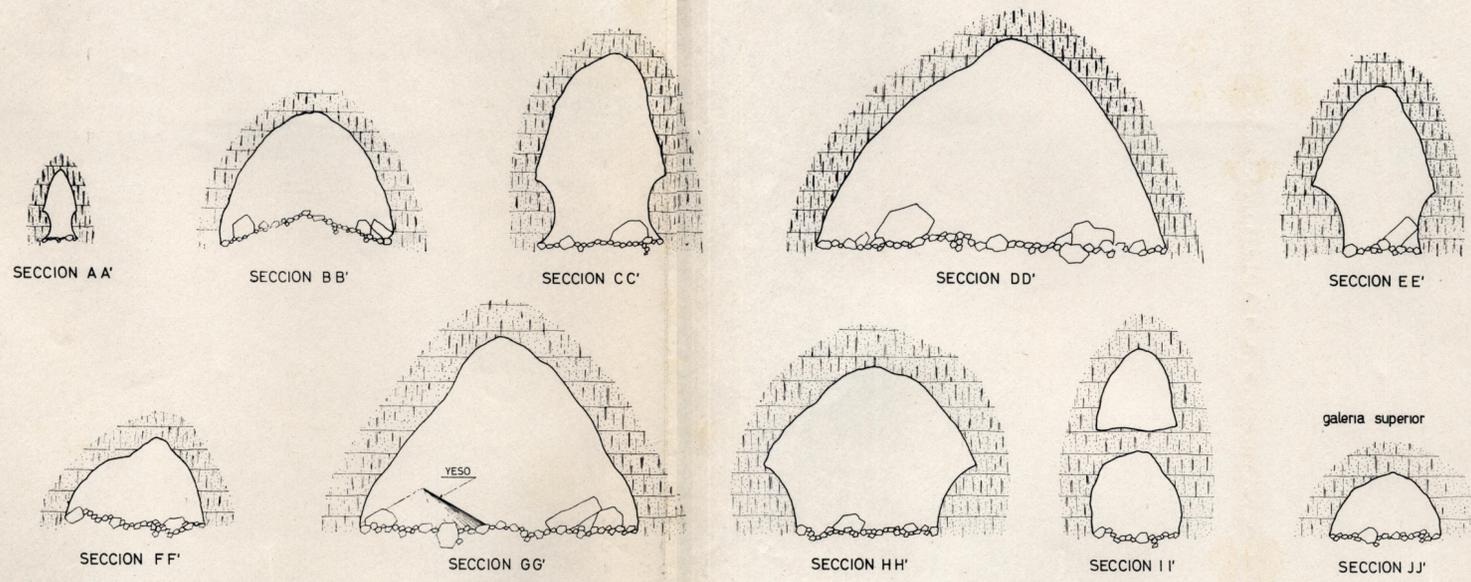
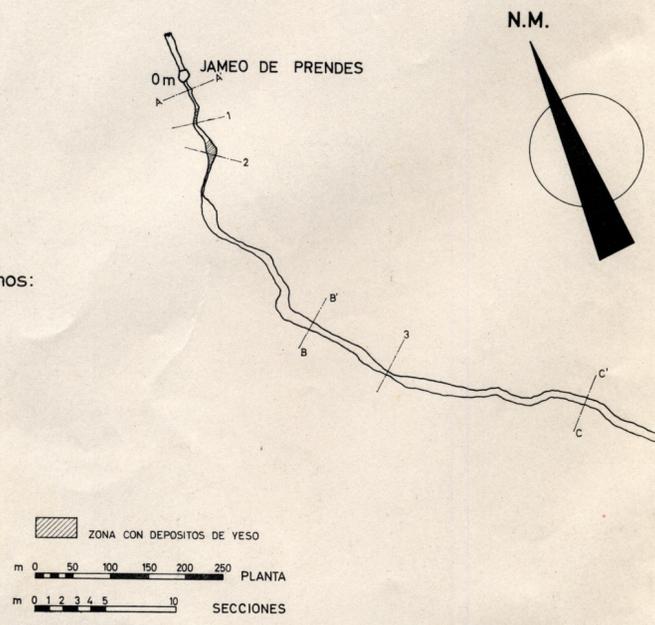
JORGE DE MIER, FRANCISCO MONMANY, JOAQUIN MONTORIOL-POUS

CON LA COLABORACION DE

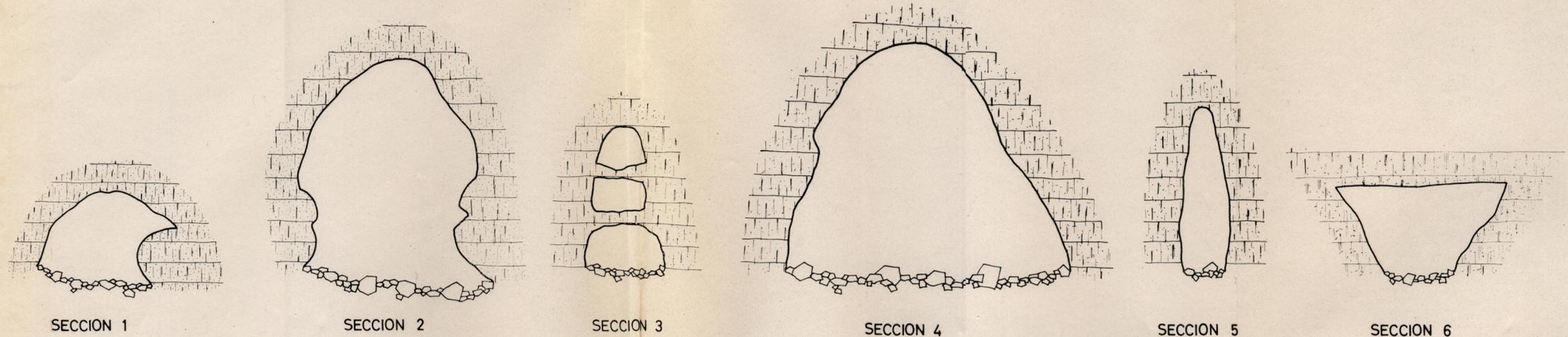
FRANCISCO REYES, NICOLAS REYES, OSCAR TORRES,

REALIZADO DURANTE LAS EXPEDICIONES G.E.S. DE LOS AÑOS 1961 y 1962.

recorrido total:
6 km 100 m
poligonal entre extremos:
3 km 900 m
desnivel:
230 m

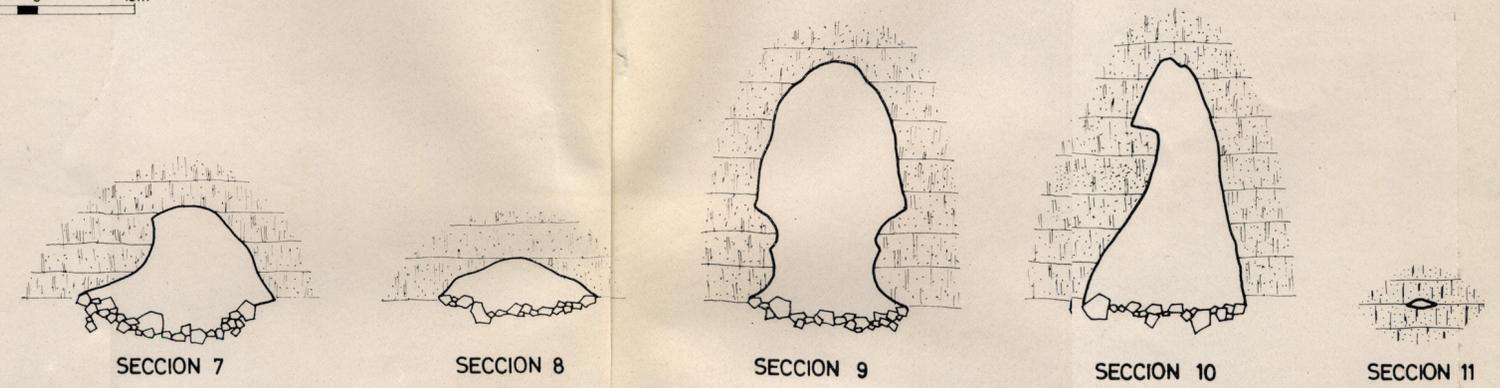


LAS SECCIONES PRESENTAN SU LIMITE SEPTENTRIONAL SITUADO A LA DERECHA. LAS LETRAS SE REFIEREN A LAS SECCIONES CONTENIDAS EN EL PRESENTE PLANO, Y LOS NUMEROS A LAS CONTENIDAS EN LA LAMINA CORRESPONDIENTE.



escalas horizontal y vertical 0 5 10m

levantado durante las expediciones G.E.S. de 1961 y 1962



CUEVA DE LOS VERDES
HARIA - LANZAROTE
SECCIONES TRANSVERSALES
SEGUN
JORGE DE MIER GRACIA
FRANCISCO MONMANY SEGURA
JOAQUIN MONTORIOL-POUS

En las paredes se observan formas semejantes a las hemisféricas de la Cueva de los Verdes, pero aquí se reducen en muchos puntos a restos de diafragma. Es corriente que el techo desarrollado sobre tales formaciones presente gran profusión de estafilitos (fig. 10, A).

10. Las Cuevas (Cueva Superior) (fig. 10)

Descendiendo por el pequeño jameo de entrada se penetra en una red de galerías de desarrollo laberíntico, con numerosas bifurcaciones y anastomosis. El recorrido total aproximado es de unos 400 m. El tamaño de los tubos es muy variable: su altura oscila entre 3 m. y puntos en que hay que progresar en reptación; la anchura va de 7 m. en algunos laminadores, a menos de 1 m.

Son corrientes los finos diafragmas adosados a las paredes (fig. 10, C), los cuales se continúan a veces hasta el piso, provocando un estrechamiento del perfil transversal (fig. 10, B). En algunas zonas se aprecian dos diafragmas superpuestos (fig. 10, D). También pueden verse costuras de lava recubriendo la parte inferior de un primitivo diafragma (fig. 10, E). A lo largo del desarrollo de las galerías, estas formas parietales presentan numerosas discontinuidades, así como variaciones en su morfología.

La Cueva Superior y La Cueva Inferior forman un tubo de lava único. La imposibilidad de efectuar el enlace directo se debe no sólo a los materiales clásticos sino al relleno por lava consolidada.

III. ESTUDIO DE LOS DEPOSITOS DE YESO

1. Descripción de los depósitos minerales

Por su forma de yacer se pueden distinguir los tres tipos siguientes: formaciones cónicas, costuras parietales y estalactitas.

a. Formaciones cónicas

Su forma es muy regular tendiendo al cono perfecto. Aparecen constituidas por materiales pulverulentos de color variable de un depósito a otro (gris, pardo o blanco), pero rigurosamente constante dentro de una misma formación cónica. El polvo se encuentra completamente suelto y seco.

Una observación superficial de los depósitos muestra una clara diferencia entre ellos: los grises o pardos ofrecen una apariencia mate, mientras los blancos presentan un intenso brillo na-

carado, de tal manera que su hallazgo en el interior de los tubos produce un efecto sorprendente. Su examen microscópico pone de manifiesto el porqué de tal diferencia: las masas pulverulentas mates se hallan formadas por granos de forma sumamente irregular, mientras que las blancas nacaradas aparecen constituidas exclusivamente por brillantes microcristalitos tabulares de forma rectangular.

b. Costuras parietales

Recubren porciones de las paredes basálticas, variando su espesor entre 1 y 5 cm. En algunos puntos de los túneles llegan a constituir superficies de hasta 15 m² sin solución de continuidad.

Su color es extraordinariamente blanco, pero carecen del brillo nacarado que ofrecen los depósitos pulverulentos cónicos de igual coloración. El examen microscópico revela que aparecen constituidos por un agregado de granos irregulares.

c. Estalactitas

Es el tipo de depósito menos abundante, encontrándose escasos ejemplares. Se trata de masas compactas de color pardo ligeramente acaramelado. Su superficie aparece algo fibrosa. Las superficies producidas por rotura ofrecen intenso brillo nacarado.

2. Resultados experimentales

a. Roentgenografía

Se ha utilizado para determinar la especie mineral de los depósitos descritos en el apartado anterior. Hemos empleado el método de polvo cristalino. Como generador de rayos X se ha utilizado un tubo Philips con ánodo de Cu. Los diagramas se han obtenido con una cámara de focalización asimétrica tipo Guinier-De Wolff (17) (43), construida por Nonius, con monocromatizador de lámina de cuarzo en espiral logarítmica (44), que proporciona una radiación monocromática correspondiente a la raya CuK_α.

Los diagramas se han obtenido sobre película Ilford X-ray Film, Industrial G, trabajándose con 35 KV y 20 mA, y un tiempo de exposición de 5 horas. Tratándose de una cámara cuadruple pudieron hacerse comparaciones directas entre los distintos tipos de depósito minerales.

La situación de las rayas, así como sus intensidades relativas, son idénticas en todos los diagramas obtenidos, variando únicamente la intensidad general de cada uno de ellos. En la tabla II pueden apreciarse los resultados obtenidos y su interpretación mediante fichas ASTM (38).

TABLA II

Línea N.º	Diag. obte. d (Å) I	Diag. ASTM d (Å) I	Δ d
1	7.568 100	7.56 100	-.008
2	4.269 50	4.27 51	.001
3	3.796 15	3.79 21	-.006
4	3.160 5	3.163 3	.003
5	3.061 75	3.059 57	-.002
6	2.866 25	2.867 27	.001
7	2.780 5	2.786 5	.006
8	2.680 25	2.679 28	-.001
9	2.587 5	2.591 4	.004
10		2.530 <1	
11	2.491 5	2.495 6	.004
12	2.449 5	2.450 4	.001
13	2.402 5	2.400 4	-.002
14	2.215 10	2.216 6	.001
15		2.139 1	
16	2.070 10	2.080 10	.010
17	2.065 5	2.073 8	.008
18	1.987 <5	1.990 4	.003
19	1.943 <5	1.953 2	.010
20	1.896 15	1.898 16	.002
21	1.878 10	1.879 10	.001
22	1.863 5	1.864 4	.001
23		1.843 1	
24	1.807 10	1.812 10	.005
25	1.792 <5	1.796 4	.004
26	1.773 5	1.778 10	.005
27		1.711 1	
28		1.684 1	
29	1.661 <5	1.664 4	.003
30	1.644 <5	1.645 2	.001
31	1.619 5	1.629 6	.002

f=1.001 ASTM: 6-0046
6-0047

Yeso

Cámara Guinier-De Wolf. Radiación CuK_α Monocromatizador.

En cuanto a la intensidad general de los diagramas, va en aumento según la serie de colores gris-pardo-blanco de los depósitos pulverulentos. En lo que hace referencia a las costras parietales y estalactitas, la intensidad es mayor en las primeras que en las segundas, siendo ambas superiores a las de los depósitos pardos e inferiores a la de los depósitos blancos.

b. Espectrografía

La técnica utilizada se ha descrito en I. d. Los resultados obtenidos pueden apreciarse en la tabla III.

TABLA III

Naturaleza muestra	Mg	Si	P	Ca	Ti	Fe	Cu	Sr	Ba	Al	Zn
Basalto	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Polvo gris	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Polvo pardo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Polvo blanco	*	*		*		*	*	*	*		*
Costras pared	*	*	*	*		*	*	*	*		*
Estalactitas	*	*	*	*		*	*	*	*		*

El Na y el K resultan de difícil interpretación bajo las condiciones experimentales utilizadas. Es por ello que se comprobó su presencia mediante la espectrografía de fluorescencia con rayos X, técnica de la cual trataremos detalladamente en el próximo apartado. Aquí nos limitaremos a consignar la presencia de Na y K en el basalto y en todos los depósitos minerales estudiados.

c. Espectrografía por fluorescencia de rayos X (ARX)

Hemos utilizado el ARX (1) (5) (7) (40) (41) para determinar las variaciones porcentuales de SiO₂, CaO, K₂O y Fe₂O₃ entre las diferentes muestras estudiadas.

Se ha empleado un espectrógrafo de rayos X Philips Universal de vacío, tipo PW1540, de goniómetro vertical y registro automático. Las muestras se prepararon (20) en forma de pasta mediante una presión de 165 kg/cm². Hallándose los ángulos 2 θ correspondientes a las rayas utilizadas, comprendidos entre 107.98° y 25.39°, se ha empleado como cristal analizador en todos los casos, el EDDT (36). Asimismo hemos utilizado siempre tubo con ánodo de W y contador de flujo (6).

En la tabla IV hemos agrupado todas las determinaciones en que se ha utilizado como «standard» el basalto (ver tabla I, cap. I. b.). Además de los resultados obtenidos, en impulsos por segundo y tantos por ciento, aparecen indicadas las condiciones experimentales.

TABLA IV

Material	SiO ₂		CaO		K ₂ O		Fe ₂ O ₃		TiO ₂	
	I/s	%	I/s	%	I/s	%	I/s	%	I/s	%
Basalto (*)	400	40,45	2176	10,80	1056	0,90	11776	14,70	5760	4,50
Polvo gris oscuro	296	27,21	2624	13,02	549	0,47	7296	9,11	1728	1,35
Polvo pardo	80	7,36	4800	23,82	240	0,20	512	0,63	128	0,10
Polvo blanco	—	trazas	6080	30,18	80	0,07	—	trazas	—	carece
Costra parietal	40	3,68	5760	28,59	32	0,03	—	trazas	—	carece
Estalactita	16	1,47	5568	27,84	80	0,07	—	trazas	—	carece

Condiciones experimentales

2 θ	107,98°	44,84°	50,31°	25,39°	36,37°
λ	7,125 Å	3,359 Å	3,774 Å	1,936 Å	2,749 Å
Analizador	EDDT vacío				
KV	40	20	40	20	30
mA	24	10	24	12	18
RM	16 . 1	128 . 1	32 . 1	256 . 1	128 . 1
Tubo	W	W	W	W	W
Contador	flujo	flujo	flujo	flujo	flujo

(*) Determinación por vía química utilizada como "standard".

Los resultados referentes al SO₃, separados de los anteriores por cuanto se ha utilizado como «standard» el polvo blanco, debido al bajo porcentaje que contiene el basalto, pueden observarse en la tabla V.

TABLA V

Muestra	I/s	% SO ₃
Basalto (*)	—	0,34
Polvo gris oscuro	288	9,62
Polvo pardo	960	32,08
Polvo blanco (**)	1392	46,51
Costra parietal	1248	41,69
Estalactita	1328	44,37

2 θ = 75,18°, λ = 5,373 Å analizador =
= EDDT vacío, KV = 30, mA = 22, RM =
= 32 . 1, tubo = W, cont. = flujo.

(*) Análisis químico.

(**) Utilizado como "standard".

3. Interpretación de los resultados

a. Naturaleza de los depósitos minerales

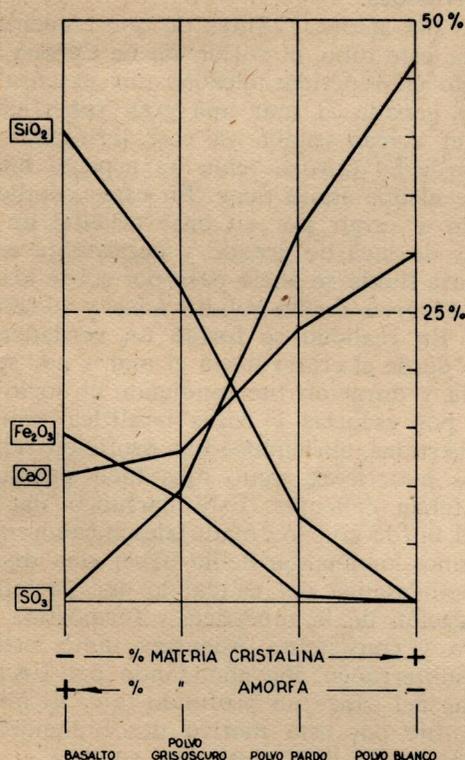
El análisis roentgenográfico (tabla II) permite afirmar que las muestras estudiadas, pertenecientes a los diferentes tipos de depósitos, aparecen constituidas exclusivamente por una sola especie mineral: el yeso (*).

No obstante, como ya se ha indicado, la intensidad general de los roentgenogramas varía extraordinariamente; desde el polvo gris, en que las rayas más intensas son apenas visibles, hasta el polvo blanco, que permite obtener diagramas de gran intensidad con el mismo tiempo de exposición. Ello indica que, a través de la serie de diferentes coloraciones, va aumentando el porcentaje de yeso cristalizado. Como el aumento progresivo de la intensidad del diagrama del yeso no va acompañado de la correspondiente disminución de la intensidad del diagrama de otra especie mineral, cabe concluir que el primero se engendra a partir de una sustancia en estado vítreo.

(*) Los análisis químicos (30) parecían poner de manifiesto la existencia de glauberita, Na₂Ca(SO₄)₂, pero los estudios roentgenográficos ponen de manifiesto que no existe tal especie mineral en ninguna de las muestras estudiadas.

Así, pues, la constitución de los diferentes depósitos constaría de una parte cristalina, formada exclusivamente por yeso, y de una parte vítrea: en el polvo gris predominaría la segunda, mientras que el polvo blanco estaría práctica-

FIGURA 1



Variación de los porcentajes de óxidos en los cuatro términos de la serie en diferente grado evolutivo.

mente constituido por cristalitós de yeso. En la fig. 11 puede verse claramente las diferentes variaciones a través de los polvos de diferente coloración. En lo que se refiere a las estalactitas y costras parietales, sus características serían muy semejantes a las del polvo blanco.

b. Origen de los depósitos de yeso

La forma de yacer del yeso, rodeado por todos lados exclusivamente por basalto, parece indicar que el primero procede de éste. Sin embargo, tal afirmación debe apoyarse en un mayor número de datos.

Una primera razón de parentesco la proporciona el estudio de los elementos traza (tabla III). En el basalto se han detectado 12 cationes: éstos se encuentran asimismo en el polvo gris y, con excepción del Ba, en el polvo pardo; en cambio en el polvo blanco, los depósitos parietales y las estalactitas, faltan Ti, Al y Zn. Así pues, existe una relación, en cuanto a elementos traza, entre

basalto — polvo gris — polvo pardo, o sea entre el basalto y los depósitos en que la fracción cristalina no es aún elevada.

Como que la variación de la intensidad de los roentgenogramas indica una variación progresiva en la serie polvo gris → polvo pardo → polvo blanco, podemos establecer la relación del último, y de las costras y estalactitas de características semejantes, con el basalto. La eliminación de los tres cationes citados se produciría al aumentar la parte cristalizada.

Pero lo que demuestra claramente la progresiva transformación del basalto en yeso es la comparación del análisis químico del primero (ver tabla I, Cap. I.b.) con el ARX de las demás muestras (tablas IV y V). Considerando la serie basalto → polvo gris → polvo pardo → polvo blanco, vemos el progresivo aumento del porcentaje de SO₃ y CaO y la progresiva disminución de SiO₂, K₂O, Fe₂O₃ y TiO₂ (ver fig. 11). Todo ello, junto con el también progresivo aumento de la cantidad de sustancia cristalizada, permite considerar al basalto y a los tres tipos de depósitos pulverulentos como cuatro términos de una serie en diferente grado evolutivo.

Cabe indicar que los depósitos grises, pardos y blancos presentan una extraordinaria uniformidad, lo cual hace suponer que la transformación de los productos más evolucionados no ha tenido lugar en donde yacen actualmente, sino que su aporte tuvo lugar cuando ya se hallaban en diferente fase de su evolución.

En cuanto a los revestimientos parietales y las estalactitas, puede observarse que presentan más SiO₂ que el polvo blanco y mucho menos que el polvo pardo (tabla IV), ocurriendo lo contrario con SO₃ y CaO (tablas IV y V). Ello se debe a que, si bien su grado evolutivo es semejante al del polvo blanco (los tres carecen de TiO₂ y ofrecen sólo trazas de Fe₂O₃), se hallan, por el contrario, en íntima relación con el basalto olivínico que constituye las paredes y las bóvedas de los túneles.

El aporte de los depósitos pulverulentos y de las formas depositadas en las paredes y bóvedas ha tenido lugar en forma diferente: la perfecta disposición cónica de los primeros indica que se trata de descargas de partículas sólidas provenientes de las chimeneas de escaso diámetro que desembocan en el techo; por el contrario, las costras y estalactitas han cristalizado a partir de aportes en solución. Ello explica, teniendo en cuenta la escasa pluviosidad de Lanzarote, las grandes diferencias de volumen entre las formas en que aparece el yeso: abundante en forma pulverulenta y con escasos ejemplares de reducidas magnitudes las formas parietales y de bóveda.

Los depósitos de la Cueva de los Verdes constituyen, según los datos que obran en nuestro poder, el primer yacimiento de yeso (32) formado a expensas de un basalto consolidado que ha sido descrito y estudiado.

IV. ESPELEOGENESIS

1. Sobre el origen de los tubos

Atendiendo a un criterio espeleogénico, proponemos denominar los diferentes tipos de cavidades desarrolladas en materiales volcánicos de la manera siguiente:

Cavidades volcánicas	{	Epigenéticas	{	Pneumatogénicas
		Singenéticas		Reogenéticas

Denominaremos cavernas volcánicas epigenéticas a aquellas que se han desarrollado en un período posterior al que se engendraron las rocas en que se hallan estructuradas; mientras que denominaremos cavernas volcánicas singenéticas a las que se formaron durante el período de consolidación de las lavas. Las cuevas del primer tipo, engendradas por erosión química o mecánica, acostumbran a desarrollarse en aquellos lugares en donde alternan horizontes litológicos rígidos y horizontes litológicos mal consolidados, friables («horizontes espeleógenos») (9) (34): la oquedad se engendra en los horizontes mal consolidados pero, mediante sucesivos hundimientos del techo, emigra hacia arriba, hasta que su bóveda queda constituida por un horizonte rígido (34). Contrariamente a lo que se ha afirmado (9), estas cavidades abundan mucho menos que las singenéticas y, sobre todo, no alcanzan las grandes longitudes de estas últimas (*).

En cuanto a las cavernas volcánicas singenéticas, las pneumatogénicas son las formadas por la emanación y concentración de gases, que dieron lugar a oquedades que, o bien gracias a los agentes de alteración, o bien por vía explosiva, entraron en comunicación con el exterior. En lo que se refiere a las reogenéticas, su origen hay que buscarlo en importantes desplazamientos de la lava bajo una costra ya endurecida. Las pneumatogénicas se corresponden con las Blasenhölen de Kyrle, y las reogenéticas se corresponden, más o menos, con las Lavahölen de dicho autor (28). Sin embargo, la denominación Lavahölen es completamente ambigua y nada indica sobre la espeleogénesis, mientras que la denominación de cavidad (volcánica) reogenética alude directamente al proceso dinámico engendrador.

La morfología de las cavidades subterráneas

(*) Como ejemplo, de entre las cavidades singenéticas exploradas por nosotros citaremos: Cueva de los Verdes (Lanzarote), 6 km. 100 m.; Surtshellir (Islandia), 2 km. 200 m.; La Cueva (Fuerteventura), 2 km.; Raufarhorshellir (Islandia), 1 km. 500 m.; Cueva de las Palomas (Lanzarote), 1 km.; Stephanshellir (Islandia), 800 m.; etcétera. (Algunas de las longitudes las damos a título provisional, ya que los levantamientos topográficos no se hallan totalmente elaborados.)

del malpaís de La Corona pone claramente de manifiesto que nos hallamos en presencia de cavidades volcánicas reogenéticas. Ahora bien, si el mecanismo general no ofrece duda alguna, sí que puede haber diferentes apreciaciones en cuanto a detalles del mecanismo. Veamos lo que dicen los autores que se han ocupado recientemente de tales cavidades.

Bravo (4) afirma: «Antes de que comenzara a formarse este tubo, el volcán de La Corona había inundado en repetidas oleadas una extensa zona y había ganado al mar una gran superficie. La obra del volcán estaba ya casi terminada y el malpaís de La Corona tenía un aspecto muy semejante al que ahora tiene. En estas condiciones comenzó a surgir por su base oriental un gran surtidor de lava de grande y persistente caudal. Esta masa fluida se abrió paso por sobre los campos de escorias recién solidificados y todavía calientes. En realidad se formó un verdadero río de lava desde el cráter hasta el mar y por su persistencia y duración fue fundiendo el suelo compuesto por escorias y rocas basálticas anteriormente vertidas, abriéndose una profunda zanja en aquellos materiales, tanto más fácil puesto que aún estaban calientes. Este barranco iba lleno hasta el borde con los materiales incandescentes. En algunos momentos debió haber una disminución momentánea del caudal lo que permitió la solidificación de la superficie y formó una bóveda dura y consistente. Mientras tanto, este río, ahora subterráneo, iba ahondando por fusión de las rocas del cauce un profundo tajo. El nivel de la lava fue por este motivo descendiendo bajo una cubierta ya definitivamente sólida.»

Macau Vilar (30) expone: «En las corrientes muy fluidas que, como es sabido, corresponden a las lavas básicas, ocurre con frecuencia que entre las capas que se van solidificando quedan zonas en las que, por conservarse una mayor temperatura, la lava sigue fluyendo como a través de una especie de conducciones subterráneas, y cuando el flujo de lava fundida disminuye, también lo hace el caudal que circula por estos conductos interiores por los que sigue corriendo aquella con niveles variables hasta que termina la efusión de la misma.

»Al disminuir el caudal lávico que circula por estos tubos así formados, éstos van vaciándose y sus paredes quedan embadurnadas de material aún viscoso, que va también enfriándose aunque más lentamente que en la superficie, por efecto de la temperatura que en su interior va irradiando la masa más caliente, que aún sigue corriendo por el fondo de este cauce subterráneo.

»Al final, el tubo queda vacío, habiéndose originado una caverna longitudinal, de cuyas paredes sigue goteando el material semifundido que queda adherido a ellas, hasta que, alcanzado el grado suficiente de enfriamiento, queda petrificado, dejando con sus formas así sorprendidas perenne testimonio de su origen y formación.»

La idea de una nueva corriente de lava que se encaja, por refusión, en una colada anterior (4) (posiblemente aun caliente), explica el perfil transversal de algunos tramos de la Cueva de los Verdes, tales como los que se observan en las secciones 5 y 6 de la fig. 5. No obstante, a nuestra manera de ver, se trata de un mecanismo de detalle, que puede influir en la morfología y el trazado de las cavidades, pero no básico en la espeleogénesis general. En efecto, si el citado mecanismo hubiera sido el principal, el trazado del tubo de lava se adaptaría a la superficie topográfica siguiendo el máximo gradiente de pendiente, cosa que no ocurre. La localización tridimensional del tubo no vino exclusivamente condicionada por las isohipsas del relieve pretérito, sino, en gran manera, por las superficies isotermas en la masa de lava.

En lo que se refiere al vaciado de las oquedades, más que un fenómeno continuo, producido por una disminución progresiva del caudal de lava (30), creemos que tuvo lugar de una manera discontinua, con brusquedades. Supongamos el frente de la colada estabilizado (transitoria o definitivamente); su superficie se halla consolidada, debido a la irradiación térmica, mientras que volúmenes diversos de su interior se hallan aun en fase fluida. Ello significa que la costra frontal es capaz de aguantar la presión hidrostática que ejerce la masa en fase líquida. Pero la lava va destilando gases, gran parte de los cuales serán expulsados al exterior, pero parte de los mismos se acumularán en las cavidades subterráneas. Ocurrirá entonces que la costra de la zona de la colada situada a mayor altura deberá aguantar únicamente la presión de los gases, mientras que la de la zona frontal se verá sometida a la presión de los gases más la presión hidrostática. Como resultado de todo ello, y sin ninguna nueva avenida de lava, se producirá la rotura del frente y el vaciado de la masa en fase líquida.

El mecanismo descrito se puede reproducir dentro del mismo tubo, por rotura de frentes parciales de consolidación subterránea, sin necesidad de nuevas aportaciones de lava. Ello implica que: a) Las sucesivas porciones del tubo, aunque desarrolladas linealmente unas tras otras, pueden no ser sincrónicas; b) Puede ocurrir que tramos de la caverna hayan sido recorridos por la lava una vez formados, mientras que otros no hayan sufrido ninguna nueva avenida.

2. Sobre la morfología de los perfiles transversales

a. Generalidades

En el apartado anterior ya se ha indicado el papel que posiblemente han jugado las refusiones en la génesis de los perfiles transversales de los tipos 5 y 6 de la fig. 5. Los perfiles que podemos considerar normales (tipo BB', DD', GG', fi-

gura 4; 4, fig. 5), los consideramos formados por simple vaciado; en algunos casos el perfil de equilibrio se alcanzó cuando los materiales encajantes gozaban aun de cierto grado de plasticidad, mientras que en la mayoría de ellos los mecanismos clásticos retocaron la bóveda hasta lograr que ésta alcanzara el perfil de equilibrio.

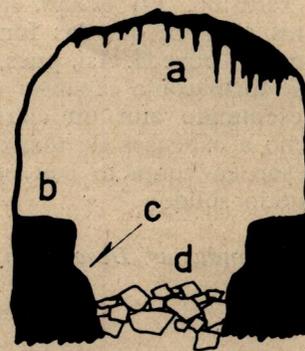
A los perfiles que podríamos denominar primarios se han superpuesto acciones diversas, con lo cual ha aumentado su complicación morfológica al aparecer formas secundarias tales como estafilos, terrazas, diafragmas, formaciones hemilíndricas y pisos superpuestos.

b. Formas secundarias. Desarrollo transversal

Formas parietales

Todas estas formas fueron engendradas por corrientes de lava que circularon por el interior de las cavidades ya formadas, presentando ciertos períodos y niveles de estabilización. No se trató de corrientes de lava residuales, correspondientes a una fase del vaciado, sino a nuevas avenidas que invadieron tramos de los tubos preformados. (Tales avenidas pudieron ser debidas a nuevos aportes o a roturas de frentes parciales de consolidación subterránea. Ver IV. 1.) Ello queda puesto de manifiesto por el hecho de que tales formaciones no se hallan casi nunca perfectamente soldadas con las paredes de la oquedad. Dicho de otro modo, no aparecen como una «continuación» de la pared, sino como una cosa «pegada» a ella. Así, por ejemplo, es muy corriente la disposición esquematizada en la fig. 6: en ella se aprecia una formación hemilíndrica desprendida y caída en el suelo (b), mostrando la superficie que se hallaba «pegada» a la pared (c).

FIGURA 12



Sección transversal de un tubo mostrando formas secundarias: a, estafilos; b, terrazas; d, bloques arrastrados por la lava y soldados al piso. (El escalón c pone de manifiesto una estabilización de nivel de corta duración).

Morfológicamente se presentan los tipos siguientes: terrazas (fig. 12), terrazas con ligero

vaciado inferior (fig. 10, B), formaciones hemisilíndricas (fig. 4, AA', CC', EE', HH') y diafragmas (fig. 10, A, C). El que aparezcan unas u otras formas es función de las siguientes variables: temperatura de la corriente de lava, viscosidad y velocidad de la misma y mayor o menor duración del período de estabilización, todo ello en relación con la anchura y altura de la galería. Cabe indicar que en algunos casos se aprecian dos diafragmas superpuestos, debidos a dos períodos de estabilización (fig. 10, D); y que puede tener lugar una nueva avenida una vez ya consolidada la formación (fig. 10, E).

Dentro de la familia de formas que acabamos de describir, debemos añadir los pisos superpuestos; tanto los dobles (fig. 4, II' y fig. 7) como los triples (fig. 5, 3). Su origen hay que buscarlo en un nivel de lava estabilizado (y, en algunos casos, incluso inmovilizado) durante un período de tiempo bastante largo. En tal caso, el espesor de la capa en fase sólida o altamente viscosa era ya considerable y, al descender el nivel, no se hundió en la zona alejada de la pared (como ocurrió en las formaciones hemisilíndricas, diafragmas y terrazas) sino que quedó formando un diafragma continuo de una pared a la opuesta.

Resumiendo, pues, podemos decir que el mismo mecanismo que engendró los tubos en la masa de la colada, dio lugar, al reproducirse en pequeño dentro de las oquedades, a los pisos superpuestos y a las formas parietales.

Estafilitos

Se describieron en el apartado II. 5. a. (ver, además, fig. 10, A, D y fig. 12). Su origen hay que buscarlo, en muchos casos, probablemente en fenómenos de refusión. En efecto, los estafilitos son abundantes siempre que las formas parietales se acercan a la bóveda. Así, pues, en numerosos casos no se formaron a expensas de una masa encajante presentando aun un cierto grado de plasticidad, sino a expensas de una capa fundida de poco espesor en contacto con una masa encajante en estado sólido.

c. Formas secundarias. Desarrollo longitudinal

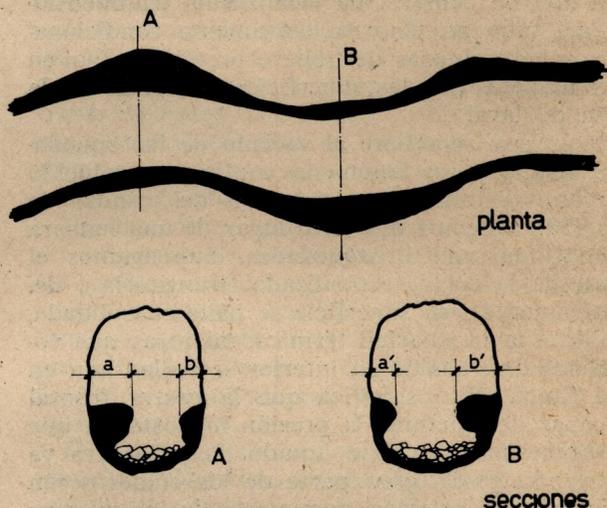
Discontinuidades

Las formas parietales presentan algunas discontinuidades a lo largo de su desarrollo longitudinal. Ello puede deberse, en algunos casos, a que la zona de mayor viscosidad era de muy poco espesor y descendió uniformemente al no poder aguantarse ni siquiera en las porciones próximas a las paredes; mientras que en otros pudo ser debido a la ruptura de los ya citados frentes parciales de consolidación subterránea.

Desarrollo relativo en las zonas cóncavas y convexas

En aquellas zonas en que el trazado de las galerías es rectilíneo, el desarrollo de las formaciones hemisilíndricas parietales es sensiblemente igual en ambas paredes. Por el contrario, en muchas zonas en que las galerías ofrecen un trazado meandriforme, los hemisilindros aparecen mucho más desarrollados en las porciones cóncavas que en las convexas (ver. fig. 13).

FIGURA 13



Desarrollo de las formas hemisilíndricas en las zonas cóncavas y convexas. Ver explicación en el texto.

Se trata de un fenómeno semejante al que ocurre con los sedimentos depositados en los meandros subterráneos de las cavidades kársticas. La diferencia estriba en que las cuevas por erosión kárstica se trata de un acumulamiento de carga sólida, mientras que en las cuevas volcánicas reogenéticas se trata de un acumulamiento de los materiales más viscosos del fluido lávico.

Relación entre los hemisilindros y los pisos dobles

En el apartado IV. 2. b. se han indicado ya las relaciones entre las formas parietales hemisilíndricas y los pisos dobles (o triples). Aquí queremos señalar únicamente un hecho que, por no aparecer completamente claro en la cavidad que nos ocupa, sería interesante que se investigara en otros tubos, a fin de comprobarlo o rechazarlo. Se trata de que los pisos superpuestos tienden a iniciarse en tramos en ligera contrapendiente (fig. 14), o en tramos en donde se produce una disminución de la pendiente general de la cavidad.

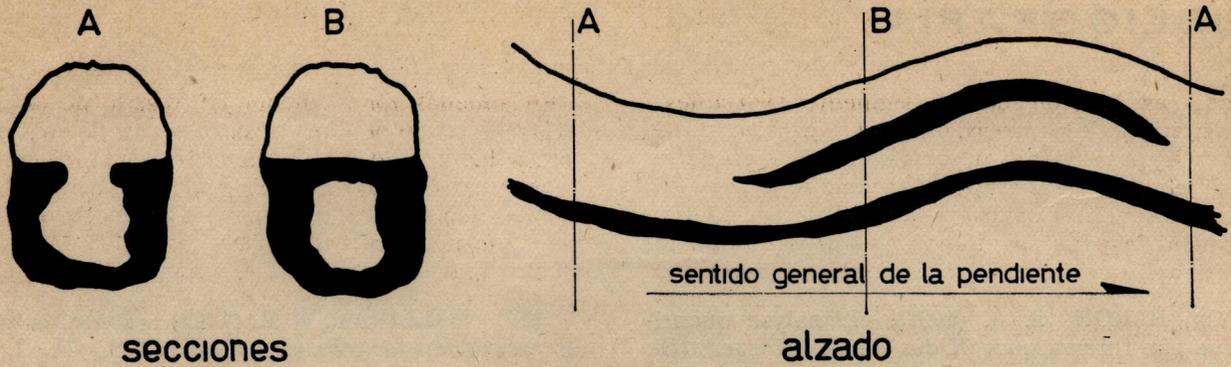


FIGURA 14 Relación entre los pisos dobles y las formas hemicilíndricas. (Ver explicación en el texto).

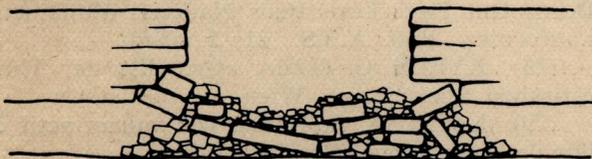
Si ello se comprobara, podría ser debido a una estabilización casi total pero sólo momentánea del flujo de lava.

3. Los procesos clásticos

a. Los jameos

El mecanismo espeleogénico engendrador de los tubos implica automáticamente la impenetrabilidad de los mismos, ya que el propio flujo de lava interno, al ceder calor a lo largo de su recorrido, acaba taponando completamente el extremo inferior (*). Sin embargo, como ya se ha citado, los procesos clásticos posteriores a su formación proporcionan las vías de entrada al dar lugar a los espectaculares jameos. Cuando un jameo no enlaza con un tubo subyacente es debido a una autoobstrucción de las prolongaciones laterales (fig. 15).

FIGURA 15



Esquema de la auto-obstrucción de las prolongaciones laterales de un jameo.

b. Procesos internos

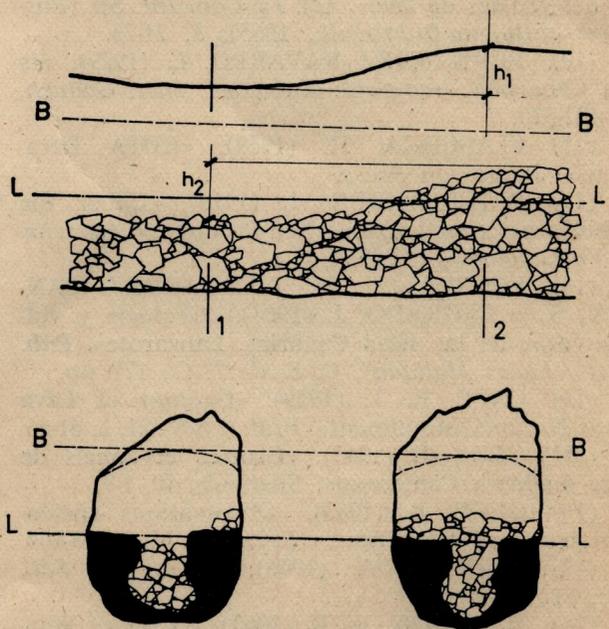
En numerosos puntos de los tubos de lava tuvieron lugar procesos clásticos que no llegaron a desembocar al exterior y sí sólo produjeron una sobre-elevación de la bóveda. Los materiales clásticos que ocupan el piso (que no deben confundirse con los bloques arrastrados por la lava, los

(*) Existen, no obstante, algunas excepciones. Así, de entre las cavidades volcánicas exploradas por nosotros, podemos citar la Budahshellir (Islandia), penetrable por su extremo inferior.

cuales se hallan soldados al suelo) pueden llegar a enmascarar tramos de las formaciones hemicilíndricas parietales. En las fig. 16 se ha esquematizado la disposición: BB, representa el antiguo nivel de la bóveda, recién engendrada la cavidad, y LL el nivel de los hemcilindros. Al tener lugar la emigración de la bóveda gracias a los sucesivos hundimientos, se engendró el acúmulo de productos macroclásticos que ocupa el piso. Si en algún punto los procesos clásticos fueron más intensos, la bóveda sufrió una sobre-elevación (h_1), aumentando asimismo el espesor del estrato clástico (h_2) que sobrepasó el nivel de las formas hemicilíndricas.

Debido a los numerosos espacios vacíos que quedan entre los bloques desprendidos ocurre que $h_2 > h_1$, por lo cual un fuerte progreso de los mecanismos clásticos acaba produciendo la obstrucción total de la galería (como ejemplo, podemos citar la continuación hacia arriba del Jameo de Prendes).

FIGURA 16



Desarrollo de los procesos clásticos internos. (Ver explicación en el texto).

BIBLIOGRAFIA

- (1) BARON, G. A. (1959). «L'analyse quantitative par fluorescence X des elements legers (Si, Al, Ca) dans les ciments et les argiles». *An. Rad. et Spectr. mat. R-X*, Coll. Grenoble, 110.
- (2) BERMEJO, F., y PRIETO, A. (1960). «Aplicaciones analíticas del AEDT y análogos». *Pub. Univ. Santiago de Compostela*.
- (3) BRAVO, T. (1954). «Geología general de Canarias». *Goya Ediciones*, T. 2, 150-159.
- (4) BRAVO, T. (1964). «El volcán y el malpaís de La Corona. La "Cueva de los Verdes" y los "Jameos"». *Pub. Cabildo Insular de Lanzarote*. 31 pp.
- (5) CAYMAEX, L. (1964). «Considerations théoriques de l'employ des spectromètres a rayons X». *An. R-X*, Coll. Bruxelles, 12.
- (6) CAYMAEX, L. (1964). «Détecteurs pour rayons X utilisés en fluorescence X». *An. R-X*, Coll. Bruxelles, 49.
- (7) CAYMAEX, L. (1964). «Relation existant entre l'intensité des rayons X émis par l'échantillon et la composition de la matrice». *An. R-X*, Coll. Bruxelles, 60.
- (8) CORBEL, J. (1959). «Les grands cavités de France et leurs relations avec les facteurs climatiques». *Ann. Spél.*, 14, 1-2, 31-47.
- (9) DZAVRISVILI, K. V. (1968). «De la genèse des grottes de lave». *Act. IV Con. Int. Sp. (Postojna-Ljubljana-Dubrovnik)*, 3, 71-73.
- (10) FERNANDEZ NAVARRO, L. (1929). «Is las Canarias». *Geografía Universal, Inst. Gallach*, 3, 492-520.
- (11) FLASCHKA, H. (1959). «EDTA Titrations». *Pergamon Press*.
- (12) FRIEDLANDER, I. (1915). «Ueber die Kleinformen der vulkanischen Produkte». *Zeitschr. f. Vulkanologie*, 1, 223.
- (13) FUSTER, J. M., FERNANDEZ SANTIN, S., y SAGREDO, J. (1968). «Geología y vulcanología de las islas Canarias. Lanzarote». *Pub. Inst. "Lucas Mallada", C. S. de I. C.*, 177 pp.
- (14) GALE, R. T. (1959). «Geology of Lava Beds National Monument». *Bull. N.S.S.*, 21, 2, 61-66.
- (15) GEZE, B. (1943). «Grottes et tunels de lave du Mont Cameroun». *Spelunca*, 10, 1-7.
- (16) GEZE, B. (1963). «Observations spéléologiques dans le Pacifique». *Spelunca*, M. 3, 103-104.
- (17) GUINIER, A. (1946). *C. R. Ac. Sci.*, 223, 31.
- (18) HALLIDAY, W. R. (1963). «Caves of Washington». *Washington Dep. Con., Div. Min. Geol.*, Circ. 40, 132 pp.
- (19) HALLIDAY, W. R. (1965). «Some features of vulcanospeleogenesis». *Bull. N.S.S.*, 27, 2, 59 Abst.
- (20) HANS, A. (1961). «Méthodes de preparation des échantillons pour l'analyse par rayons X». *An. Spectr. R-X*, Coll. Milán, 29.
- (21) HARRISON, G. R. (1939). «Wewelenght Tables». *Pub. Massachussetts Inst. of Tech.*
- (22) HARTUNG, G. (1857). «Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura». *Neue Denkschr. allgem. Schw. Gessells. f. d. gesam. Naturwiss.*
- (23) HAUSEN, H. (1959). «On the geology of Lanzarote, Graciosa and the Isletas (Canarian Archipiélago)». *Soc. Scient. Fennica Comm. Phys. Math.*, 23, 4, 116 pp.
- (24) HERNANDEZ-PACHECO, E. (1910). «Estudio geológico de Lanzarote y de las isletas Canarias». *Mem. R. Soc. Española Hist. Nat.*, 6, 4, 107-342.
- (25) IBARROLA, E., y LOPEZ RUIZ, J. (1967). «Estudio petrográfico y químico de las erupciones recientes (serie IV) de Lanzarote (Islas Canarias)». *Est. Geol.*, 23, 203-213.
- (26) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1967). *Mapa Geológico de España*, 1:50.000, hoja 375 (Haria).
- (27) KNOX, R. G. (1959). «The Land of the Burnt Out Fires Lava Beds National Monument, California». *Bull. N.S.S.*, 21, 2, 55-61.
- (28) KYRLE, G. (1923). «Grundriss der Theoretischen Speleologie». *Wien*.
- (29) LACROIX, A. (1936). «Le volcan actif de l'île de la Reunion». *Gauthier Villars*.
- (30) MACAU VILAR, F. (1965). «Tubos volcánicos en Lanzarote. La "Cueva de los Verdes"». *An. Est. Atlánticos*, 11, 27 pp.
- (31) MONTORIOL-POUS, J. (1963). «Espagne. Explorations de l'été 1963». *Spelunca*, 3, 4, 65-66.
- (32) MONTORIOL-POUS, J. (1965). «Contribución al conocimiento mineralógico y mineralogénico de un nuevo tipo de yacimiento de yeso descubierto en los "tubos de lava" de la isla de Lanzarote (Canarias)». *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 63, 77-85.
- (33) MONTORIOL-POUS, J., THOMAS CASAJUANA, J. M., y ANDRES BELLET, O. (1966). «Estudio geomorfológico e hidrogeológico de la Cueva de la Cullalvera (Ramales, Santander)». *Notas y Comuns. Inst. Geol. y Minero de España*, 89, 17-74.
- (34) NAUM, T. et BUTNARU, E. (1967). «Le

volcano-karst des Calimani (Carpathes Roumaines)». *Ann Spél.*, 22, 4, 725-755.

(35) POLI, E. (1959). *Boll. Soc. Geog. Italiana*, 12, 452.

(36) POWERS, M. C. (1960). «X-ray fluorescent spectrometer conversion tables for topaz, LiF, NaCl, EDDT and ADP crystals». *Pub. Philips Electronic Inst.*

(37) SCHWARZENBACH, G. (1967). «Die Chemische Analyse, Bd. 45». *F. Enke Vg.*

(38) SMITH, J. V. (Editor). (1960). «Index to the X-ray powder data file. ASTM, 48-1.

(39) SMITH, R. L. (1959). «The sequestration of Metals». *Chapman and Hall Ltd.*

(40) WAKKER, Ch. (1961). «Champ d'application de l'analyse par fluorescence de rayons X en fonction des autres méthodes d'analyse». *An. Spectr. R-X.*, Coll, Milán, 23.

(41) WAKKER, Ch. (1961). «L'analyse par fluorescence de rayons X en Minéralogie. Techni-

ques de travail et interpretation des résultats». *An. Spectr. R-X.*, Coll, Milán, 39.

(42) WELCHER, F. J. (1959). «The analytical uses for EDTA». *D. van Nostrand Co. Inc.*

(43) WOLFF, P. M. de (1948). *Acta Cryst.*, 1, 206.

(44) WOLFF, P. M. de (1950). *Apl. Sci. Res.*, B 1, 110.

(45) X. X. (1957). «Ile de Lanzarote». *Les Guides Bleus, Espagne*, 928-929.

(46) X. X. (1961). «G. E. S. Actividades». *Circ. C.M.B.*, 209.

(47) X. X. (1962). «Expedición a las islas de Lanzarote y Fuerteventura». *Circ. C.M.B.*, 251-252, 257-259.

(48) X. X. (1962). «Espagne Expedition aux Illes Canaries». *Spelunca*, 2, 3, 42.

(49) X. X. (1968). «Expedición Islandia-67». *Circ. C.M.B.*, 487-490.

RESUME

La "Cueva de los Verdes" se trouve dans le NE de l'île de Lanzarote (Canaries) et se développe dans le "malpaís" de La Corona, formé par des basaltes oliviniques. Tant par la longueur de ses galeries (6 km. 100) comme par son dénivellement (—230 m.), c'est la plus grande caverne volcanique explorée jusqu'à présent.

Par son origine, c'est une caverne singénétique (formée au même temps que le basalte encaissant) du type reogénétique (formée par le vidange d'une masse de lave encore fluide, se trouvant sous une croûte déjà consolidée). Plus récemment se sont produits d'importants procès clastiques qui ont donné lieu à des puits d'énorme

diamètre (jusqu'à 112 m. par 30 m.) ("jameos"), par où on peut pénétrer dans le système souterrain.

On étudie la morphologie secondaire: terrasses, formations hémicylindriques, étages doubles et triples et "estafilitos". Dans plusieurs zones de la caverne on trouve des dépôts de gypse, qui ont été étudiés par diffractométrie, spectrographie par fluorescence des rayons X, spectrographie optique, spectrophotométrie et complexométrie. On conclut que le gypse c'est formé à partir du basalte encaissant. A notre connaissance c'est le premier gîte de gypse d'un tel type qu'on a décrit.

On fait aussi l'étude morphogénétique d'autres sept cavités volcaniques développées dans les basaltes du "malpaís" de La Corona.

balada de las montañas

Por J. M. Villalba Ezcay

300 páginas. Precio oferta 125 ptas.

Un libro máximo exponente de la literatura excursionista

exploraciones subterráneas

Por J. M. Armengou

Un libro de 300 páginas Precio oferta 100 ptas.

la incógnita del mundo subterráneo

Por J. M. Armengou

Un libro de 200 páginas Precio 80 ptas.

cataluña hoy

GUIA DE CATALUÑA 500 páginas 100 gráficos

Precio venta público 200 ptas. Oferta suscriptores revistas 100 ptas.

cordada

 Revista de Excursionismo

Mensual 15 años de edición Suscripción anual 125 ptas.

esquí

 Revista de la Nieve
(Suplemento Invernal de Cordada)

8 años de edición Suscripción 4 números año 100 ptas.

karst

 Revista de Espeleología

6 años de edición Suscripción 5 números año 100 ptas.

cerdanya

 Revista de Información General Comarcal

Primer año de edición Mensual Suscripción anual 100 ptas.

fichas de refugios de montaña

(Pirineo Catalán)

20 fichas triples Toda la colección 100 ptas.