

**BASES PARA EL PLANEAMIENTO  
 HIDROGEOLOGICO INSULAR.**

**PROLOGO**

## PROLOGO

A tenor del Convenio suscrito con la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias, el Cabildo Insular de Tenerife está elaborando un Avance del PLAN HIDROLOGICO INSULAR (en lo sucesivo "PHI") DE TENERIFE.

En el correspondiente "Programa de trabajos" con que se iniciaba el PHI se enuncian esquemáticamente las actividades a desarrollar y se clasifican las mismas atendiendo a diversos aspectos. Un grupo relevante de ellas es el orientado a establecer unas BASES DEL PLANEAMIENTO HIDROGEOLOGICO.

Siguiendo esta pauta se constituyó un grupo de trabajo de profesionales afines a la hidrogeología con el encargo de:

a) Estudiar la viabilidad de una zonificación hidrogeológica de Tenerife y, en caso positivo, realizarla y describir, analizar, caracterizar y diagnosticar cada zona delimitada con la misma.

b) Estudiar la evolución de los niveles freáticos en la Isla a partir de la historia de las obras de captación (básicamente de las galerías) existentes.

c) Estudiar las características fisicoquímicas de las aguas alumbradas, tipificando y clasificando las mismas.

d) Aventurar en los tres casos unas propuestas de actuación a modo de recomendaciones.

El primero de estos cometidos, la ZONIFICACION HIDROGEOLOGICA, tiene por objeto diferenciar en la Isla acuíferos zonales o, si se prefiere, zonificar el complejo multiacuífero general, atendiendo a: sus características hidrogeológicas, las peculiaridades de las obras que lo explotan, sus diferencias hidroquímicas, su grado de conocimiento e, incluso, razones de gestión y estrategias de explotación del mismo. Todo ello con una base importante en el origen y morfología geológica de los terrenos.

Desde una perspectiva planificadora, el objetivo de esta zonificación es permitir actuaciones selectivas en materia de explotación y de gestión de las aguas subterráneas, apoyándose en dichas circunscripciones para delimitar el ámbito de las mismas. Razones de eficiencia económica, estrategia socioeconómica, oportunidad o urgencia justificarán sin duda: dictar normativa reglamentaria de aplicación diferenciada por zonas, fijar incentivos y programas zonales de inversión y formular distintos sistemas de actuación en la gestión; todo ello para su aplicación en unidades territoriales diferenciadas.

Además, implícitamente, con esta partición se pretende propiciar la "fusión" o "federación" de Comunidades de agua que confluyen con sus explotaciones en una misma circunscripción. La economía de escala que supondría este paso es evidente. A su vez tal situación permitiría una participación más activa y coordinada de las entidades productoras en la gestión de las aguas subterráneas, su intervención en la definición de los planes de explotación y asumir su cuota de responsabilidad en la ejecución de los mismos.

El presente documento es el primero de este grupo de trabajo y comprende los ASPECTOS GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS de esta zonificación. Un borrador del mismo fue sometido, hace unos meses, a la cualificada consideración de expertos locales, a quienes agradecemos sus recomendaciones. Con las nuevas aportaciones y los resultados de otros trabajos paralelos se ha conformado esta nueva versión; elaborada por J.M. Navarro Latorre e I. Farrujia de la Rosa, geólogos, y que supone un notable paso en el conocimiento de las "interioridades" de Tenerife, hasta el punto de trascender a los propios objetivos de este PHI.

Entre la versión provisional y la presente se han sucedido la publicación de los documentos:

- nº2. EVOLUCION DE LA SUPERFICIE FREATICA
- nº3. RESUMEN Y CONCLUSIONES

y, finalmente, como SINTESIS de los mismos, el primer volumen de la colección de CUADERNOS del PHI: "BASES DEL PLANEAMIENTO HIDROGEOLOGICO" con el que se cierra este capítulo de AVANCE.

De los estudios para la ZONIFICACION HIDROGEOLOGICA del sistema acuífero insular, se concluye que:

a) Tal partición es factible y cabe fundamentarla en sólidas razones científico-técnicas y metodológicas.

b) La división debe realizarse en tres niveles o escalones: zona, subzona y sector. El primero, el de zona, es el mejor fundamentado y obedece a criterios esencialmente geológicos e hidrogeológicos. El tercero, el de sector, se efectúa atendiendo además, y con mayor incidencia, a criterios de explotación y de gestión de acuíferos. Entremedias, el de subzona, se aplica sólo en un caso para diferenciar en una gran zona, de la que se cuenta con peor información geológica e hidrogeológica, porciones de la misma.

c) La propuesta, aún provisional, se sintetiza en el mapa general adjunto donde se reflejan gráfica y esquemáticamente: 8 zonas, 5 subzonas y 38 sectores.

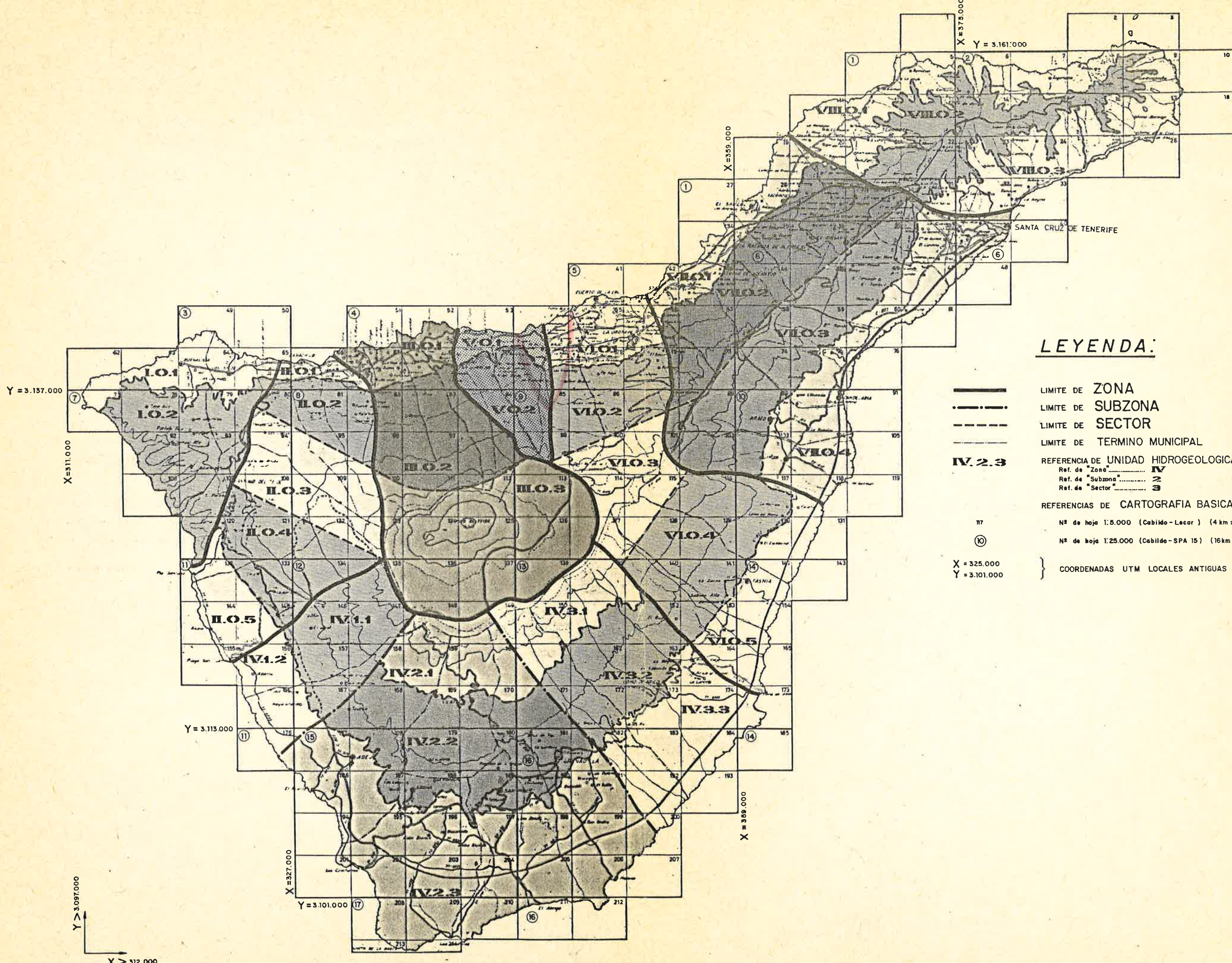
En otros capítulos del AVANCE se sucederán otras zonificaciones (agrológicas e hidroeconómica o hidráulica) cuya "malla" no es coincidente, pues la diferente perspectiva de los estudios



y la complejidad del sistema así lo exigen. La fácil transposición de una división territorial a otra permitirá coordinar las planificaciones sectoriales y posibilitará una gestión integral realista. En esta andadura estamos.

JOSE D. FERNANDEZ BETHENCOURT  
Director del PHI.





**LEYENDA:**

- LIMITE DE ZONA
- · - · LIMITE DE SUBZONA
- - - - LIMITE DE SECTOR
- - - - LIMITE DE TERMINO MUNICIPAL
- IV.2.3 REFERENCIA DE UNIDAD HIDROGEOLOGICA  
 Ref. de "Zona" ..... IV  
 Ref. de "Subzona" ..... 2  
 Ref. de "Sector" ..... 3
- REFERENCIAS DE CARTOGRAFIA BASICA
- 17 N° de hoja 1:5.000 (Cabildo-Lecor) (4 km x 3 km)
- 10 N° de hoja 1:25.000 (Cabildo-SPA 15) (16 km x 12 km)
- X = 325.000 } COORDENADAS UTM LOCALES ANTIGUAS (s/cartografia)
- Y = 3.101.000 }



**INDICE**

## INDICE

### ESTRUCTURA DEL BLOQUE INSULAR

1 - FORMACION DEL RELIEVE .....	1
2 - EJES ESTRUCTURALES	
2.1 - Definición .....	4
2.2 - Tipos de ejes .....	4
2.3 - Expresión morfológica .....	8
2.4 - Expresión geofísica .....	9
2.5 - Características en el subsuelo .....	10
2.6 - Red filoniana .....	10
2.6.1 - Naturaleza de los diques	
2.6.2 - Densidad de la malla de diques	
2.7 - Fracturación secundaria .....	13
2.7.1 - Grandes fisuras abiertas	
2.7.2 - Microfracturación general	
2.8 - Disposición de las unidades estratigráficas ....	14
2.9 - Significado hidrogeológico de los ejes .....	15
2.9.1 - Comportamiento en el núcleo	
2.9.2 - Comportamiento en los márgenes	
3 - DEPRESIONES GRAVITACIONALES .....	18

### UNIDADES ESTRATIGRAFICAS Y SUS CARACTERES HIDROGEOLOGICOS

1 - SECUENCIA GENERAL .....	20
2 - LIMITACIONES DE LA SUCESION ESTRATIGRAFICA UTILIZADA .....	21

<b>3 - SERIE BASALTICA I</b>	
3.1 - Rasgos generales .....	23
3.2 - Materiales constituyentes .....	24
3.3 - Características hidrogeológicas de los elementos constituyentes .....	25
3.4 - Comportamiento hidrogeológico global .....	25
<b>4 - FORMACIONES BRECHOIDES .....</b>	<b>26</b>
4.1 - Sector Orotava-Icod .....	26
4.2 - Sector Güímar-Arafo .....	28
<b>5 - SERIE BASALTICA II</b>	
5.1 - Rasgos generales .....	28
5.2 - Dorsal NE .....	28
5.3 - Dorsal NW .....	29
5.4 - Comportamiento hidrogeológico .....	29
<b>6 - SERIE CAÑADAS .....</b>	<b>31</b>
<b>7 - SERIES MODERNAS</b>	
7.1 - Serie Traquítica y Traquibasáltica .....	32
7.2 - Serie Basáltica III .....	32
7.3 - Series Recientes .....	32

## ZONA I

<b>1 - RASGOS GEOLOGICOS GENERALES .....</b>	<b>34</b>
<b>2 - SECUENCIA ESTRATIGRAFICA .....</b>	<b>34</b>
<b>3 - COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO .....</b>	<b>36</b>
<b>4 - EXPLOTACIONES .....</b>	<b>36</b>

## ZONA II

<b>1 - MARCO GEOLOGICO .....</b>	<b>38</b>
----------------------------------	-----------

<b>2 - LIMITES</b>	
2.1 - Límite Oriental .....	40
2.2 - Límite Occidental .....	40
<b>3 - UNIDADES ESTRATIGRAFICAS</b> .....	41
3.1 - Serie Basáltica I .....	41
3.2 - Serie Basáltica II .....	42
3.2.1 - Características hidrogeológicas	
3.3 - Serie Traquibasáltica Superior .....	43
3.4 - Series Recientes .....	44
<b>4 - SITUACION HIDROGEOLOGICA</b>	
4.1 - Unidades hidrogeológicas .....	44
4.2 - Influencia del eje estructural NO .....	45
<b>5 - RECARGA</b>	
5.1 - Recarga directa .....	46
5.2 - Recarga indirecta .....	46
<b>6 - FLUJO DEL AGUA</b> .....	47
<b>7 - CAPTACIONES EXISTENTES</b> .....	47
7.1 - Grupo 1 .....	48
7.2 - Grupo 2 .....	49
7.3 - Grupo 3 .....	51
7.4 - Grupo 4 .....	52
7.5 - Grupo 5 .....	53
<b>ZONA III</b>	
<b>1 - INTRODUCCION</b> .....	56
<b>2 - EL PROBLEMA DE LA CONFIGURACION Y DEL ORIGEN DE LAS CAÑADAS</b> .....	56

2.1 - Depresión cerrada .....	56
2.2 - Depresión abierta .....	59
<b>3 - UNIDADES ESTRATIGRAFICAS Y SU COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO .....</b>	<b>61</b>
3.1 - Materiales Pre-Cañadas .....	61
3.2 - Materiales Post-Cañadas .....	62
3.2.1 - Basaltos Iniciales	
3.2.2 - Traquibasaltos del Teide-Pico Viejo	
3.2.3 - Fonolitas Superiores	
3.2.4 - Comportamiento hidrogeológico global	
<b>4 - GEOMETRIA DEL ACUIFERO</b>	
4.1 - Configuración del zócalo impermeable .....	65
4.1.1 - Sector del anfiteatro	
4.1.2 - Tránsito anfiteatro-valle de salida	
4.1.3 - Valle de salida	
4.2 - Información existente sobre la superficie freática .....	67
4.2.1 - Sector del anfiteatro	
4.2.2 - Sector del valle de salida	
4.2.3 - Consideraciones	
4.3 - Influencia de la estructura sobre el flujo del agua subterránea .....	69
4.3.1 - Consecuencias en el interior de Las Cañadas	
4.3.2 - Consecuencias en la periferia de Las Cañadas	
<b>5 - CAPTACIONES EXISTENTES .....</b>	<b>71</b>
5.1 - Galerías de la propia zona .....	71
5.2 - Galerías que proceden de zonas periféricas .....	72
<b>6 - RESUMEN Y PERSPECTIVAS .....</b>	<b>73</b>

6.1 - Situación del anfiteatro .....	74
6.2 - Situación del valle de salida .....	75
6.3 - Situación de la plataforma litoral .....	75

## ZONA IV

1 - LIMITES GEOGRAFICOS Y RASGOS GEOMORFOLOGICOS .....	79
2 - RASGOS GEOLOGICOS GENERALES .....	79
3 - DIVISION EN SUBZONAS .....	82
4 - UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
4.1 - Serie Basáltica I .....	83
4.2 - Serie Basáltica II .....	84
4.3 - Serie Cañadas .....	84
4.4 - Series Recientes del eje Sur .....	85
5 - CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE LAS SUBZONAS	
5.1 - Subzona 1 .....	86
5.1.1 - Unidades hidrogeológicas	
5.1.2 - Recarga	
5.1.3 - Galerías existentes	
5.2 - Subzona 2 .....	90
5.2.1 - Recarga	
5.2.2 - Galerías existentes	
5.3 - Subzona 3 .....	91
5.3.1 - Unidades hidrogeológicas	
5.3.2 - Recarga	
5.3.3 - Galerías existentes	



**ZONA V**

1 - INTRODUCCION .....	97
2 - GEOMORFOLOGIA .....	97
3 - SECUENCIA ESTRATIGRAFICA .....	97
3.1 - Mortalón .....	99
3.2 - Fonolitas Inferiores .....	99
3.3 - Basaltos Intermedios .....	99
3.4 - Fonolitas Superiores .....	99
4 - ESTRUCTURA .....	99
5 - CIRCULACION DEL AGUA .....	100
6 - CAPTACIONES EXISTENTES .....	100

**ZONA VI**

1 - INTRODUCCION .....	102
2 - GEOMORFOLOGIA .....	102
3 - UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
3.1 - Serie Basáltica I .....	104
3.2 - Mortalón .....	105
3.3 - Serie Basáltica II .....	105
3.4 - Series Modernas .....	107
4 - SITUACION HIDROGEOLOGICA	
4.1 - Unidades hidrogeológicas .....	107
4.2 - Influencia de la estructura .....	108
4.2.1 - Eje estructural NE	
4.2.2 - Eje estructural N-S	
4.2.3 - Valle de La Orotava	

**5 - GALERIAS EXISTENTES**

5.1 - Vertiente Sur .....	110
5.2 - Vertiente Norte .....	112

**ZONA VII**

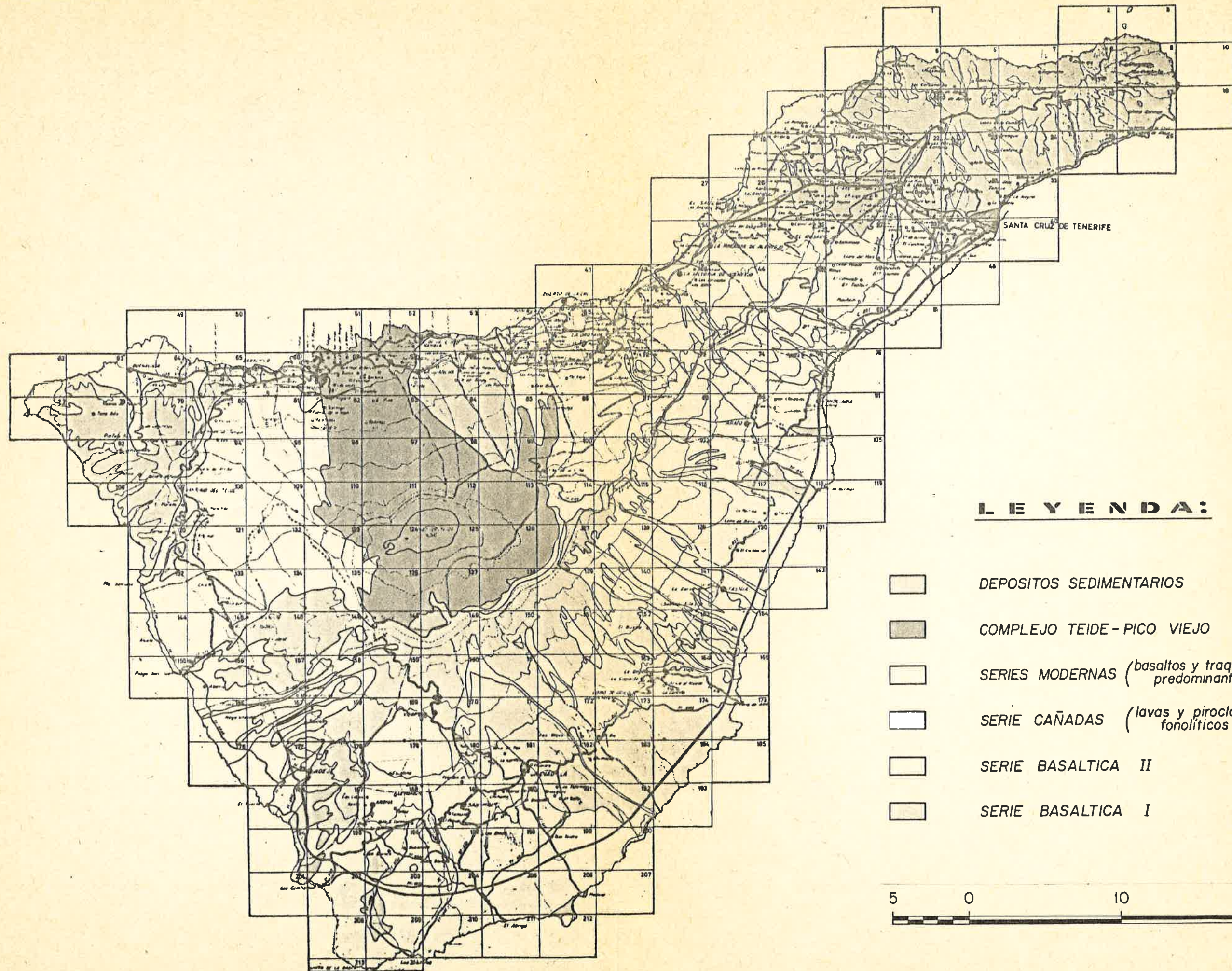
<b>1 - INTRODUCCION .....</b>	<b>118</b>
<b>2 - GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>118</b>
<b>3 - UNIDADES ESTRATIGRAFICAS</b>	
3.1 - Serie Basáltica I .....	120
3.2 - Mortalón .....	120
3.3 - Serie Basáltica II .....	121
3.4 - Series Modernas .....	124
<b>4 - ESTRUCTURA .....</b>	<b>125</b>
4.1 - Eje estructural NE .....	125
4.2 - Ejes secundarios .....	126
4.3 - Depresión Güímar-Arafo .....	126
<b>5 - SITUACION HIDROGEOLOGICA</b>	
5.1 - Unidades hidrogeológicas .....	127
5.2 - Flujo subterráneo del agua .....	128
<b>6 - EXTRACCIONES .....</b>	<b>129</b>
6.1 - Vertiente Norte .....	129
6.2 - Vertiente Sur .....	131
<b>7 - PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>131</b>

**ZONA VIII**







<b>1 - INTRODUCCION .....</b>	<b>135</b>
<b>2 - GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>135</b>

3 - UNIDADES ESTRATIGRAFICAS .....	135
4 - ESTRUCTURA .....	137
5 - SITUACION HIDROGEOLOGICA .....	137
6 - GALERIAS EXISTENTES .....	138
6.1 Grupo 1 .....	138
6.2 Grupo 2 .....	138





**LEYENDA:**

-  DEPOSITOS SEDIMENTARIOS
-  COMPLEJO TEIDE - PICO VIEJO
-  SERIES MODERNAS (basaltos y traquibasaltos predominantemente)
-  SERIE CAÑADAS (lavas y piroclastos fonolíticos)
-  SERIE BASALTICA II
-  SERIE BASALTICA I





## APENDICE I

GENESIS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS  
EJES ESTRUCTURALES

1 - FORMACION Y ASCENSO DEL MAGMA EN LOS NIVELES INFERIORES .....	140
2 - ASCENSO DEL MAGMA EN LOS NIVELES ALTOS .....	140
2.1 - Erupciones .....	141
2.2 - Erupciones abortadas .....	142
3 - FORMACION DE LOS EJES PRINCIPALES .....	142
4 - FORMACION DE LOS EJES SECUNDARIOS .....	144

## INDICE DE FIGURAS

Fig.1 - .....	Pag. 1
Fig.2 - .....	Pag. 2
Fig.3 - .....	Pag. 3
Fig.4 - .....	Pag. 5
Fig.5 - .....	Pag. 6
Fig.6 - .....	Pag. 7
Fig.7 - .....	Pag. 9
Fig.8 - .....	Pag. 11
Fig.9 - .....	Pag. 17
Fig.10 - .....	Pag. 35
Fig.11 - .....	Pag. 39
Fig.12 - .....	Pag. 57
Fig.13 - .....	Pag. 60
Fig.14 - .....	Pag. 80
Fig.15 - .....	Pag. 98
Fig.16 - .....	Pag. 103
Fig.17 - .....	Pag. 119
Fig.18 - .....	Pag. 122
Fig.19 - .....	Pag. 136

## INDICE DE CORTES GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS

Ref.3.1	CORTES GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS: A y B (zonas I y II) .....	Pag. 55
Ref.3.2.1.	CORTES GEOLOGICOS: C, D, E y F (Zona III) ...	Pag. 77
Ref.3.2.2.	CORTES HIDROGEOLOGICOS: C, D, E y F (Zona II)	Pag. 78
Ref.3.3.1.	CORTES GEOLOGICOS: G, H e I (Zona IV) .....	Pag. 95
Ref.3.3.2.	CORTES HIDROGEOLOGICOS: G, H e I (Zona IV) ..	Pag. 96
Ref.3.4.1.	CORTES GEOLOGICOS: J (Zona V); K, L y M (Zona VI) .....	Pag.116
Ref.3.4.2.	CORTES HIDROGEOLOGICOS: J (Zona V); K, L y M (Zona VI) .....	Pag.117
Ref.3.5.1.	CORTES GEOLOGICOS: N, O y P (Zona VII) .....	Pag.133
Ref.3.5.2.	CORTES HIDROGEOLOGICOS: N, O y P (Zona VII) .	Pag.134

**ESTRUCTURA DEL BLOQUE INSULAR**



# ESTRUCTURA DEL BLOQUE INSULAR

## 1. FORMACION DEL RELIEVE

Tanto el relieve emergido de Tenerife como su prolongación submarina, tiene una configuración que, a grandes rasgos, se puede asimilar a una colosal pirámide de base triangular, cuyo vértice, el Pico Teide, se alza 7.000 m por encima de un fondo oceánico más o menos plano (Fig. 1). Las aristas mejor marcadas de la pirámide son la NE y la NW, que por su acusada personalidad topográfica se conocen como Cordilleras Dorsales; la arista Sur, en cambio, está menos individualizada y su morfología es apenas la de un saliente redondeado.

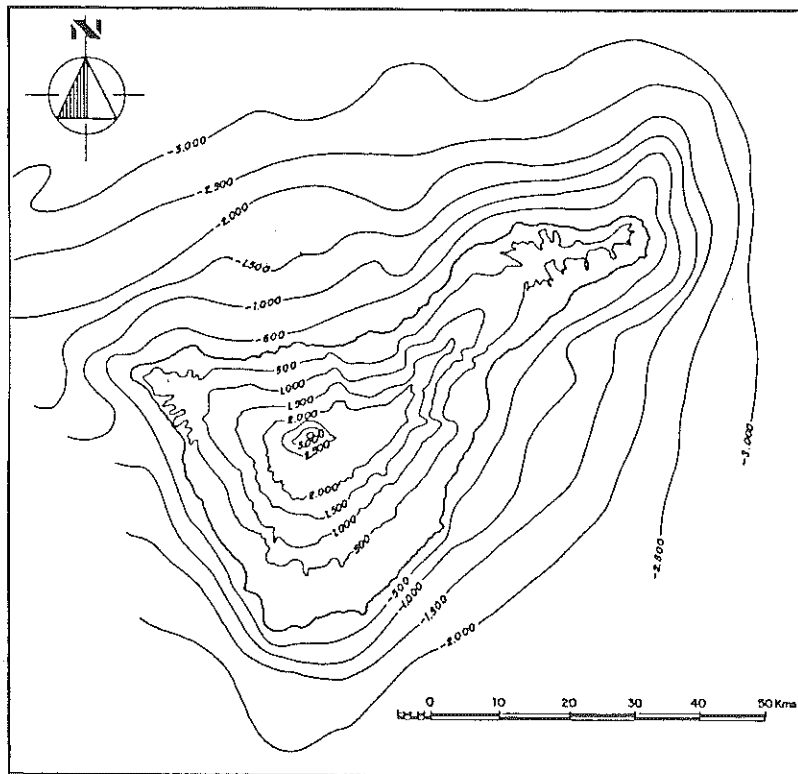


Fig. 1.- Orografía de Tenerife acompañada de las curvas batimétricas. La porción sumergida mantiene la misma configuración de base triangular que existe en la porción emergida, sugiriendo que las estructuras que han controlado el crecimiento del relieve se han mantenido constantes desde el estadio formativo inicial en el fondo oceánico.

La anterior configuración general no es en absoluto casual ni tampoco resultado de la erosión:

- De un modo genérico, es la consecuencia de un lento proceso volcánico de carácter constructivo, en donde las lavas y piroclastos emitidos durante cada una de las innumerables erupciones acaecidas en la Isla, han venido a acumularse sobre los materiales precedentes. El crecimiento progresivo del relieve, que se inició hace algunas decenas de millones de años en el fondo oceánico, prosigue en la época actual, testimoniado por las diversas erupciones históricas.

- De un modo específico, y éste es un punto crucial, la configuración en pirámide es la respuesta morfológica al particular sistema de alimentación magmática que opera en Tenerife: tres estrechas bandas, denominadas ejes estructurales, que convergen en el centro de la Isla y

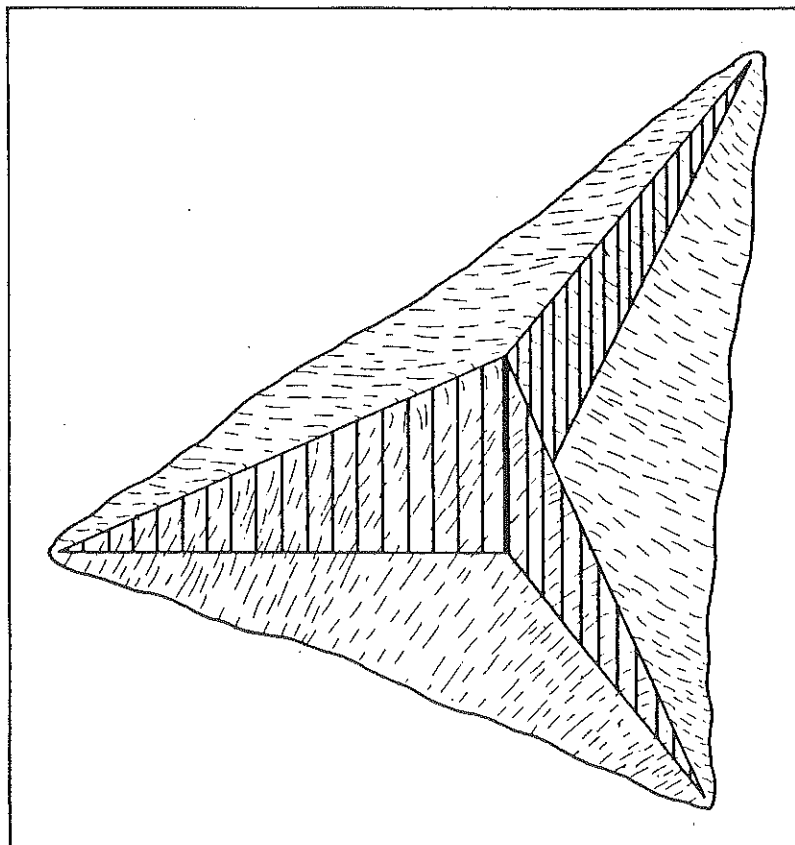


Fig.2.- Esquema de la configuración espacial de los tres ejes estructurales principales de Tenerife. El ascenso del magma está canalizado preferentemente a través de estos planos subverticales, de modo que el crecimiento del relieve queda vertebrado en torno a ellos.

que han canalizado preferentemente el ascenso del magma a lo largo de toda la historia volcánica (Figs.2 y 3). La mayor parte de las erupciones se han verificado en su ámbito y, en consecuencia, el crecimiento del relieve ha estado siempre vertebrado alrededor de ellos. Esta triple espina dorsal, coincidente con las aristas de la pirámide, está constituida en el subsuelo por una densa malla de diques a la que se asocia una fisuración secundaria intensa (Navarro, 1974). Su presencia es responsable de gran parte de las peculiaridades, anomalías y complejidades que caracterizan el flujo de las aguas subterráneas.

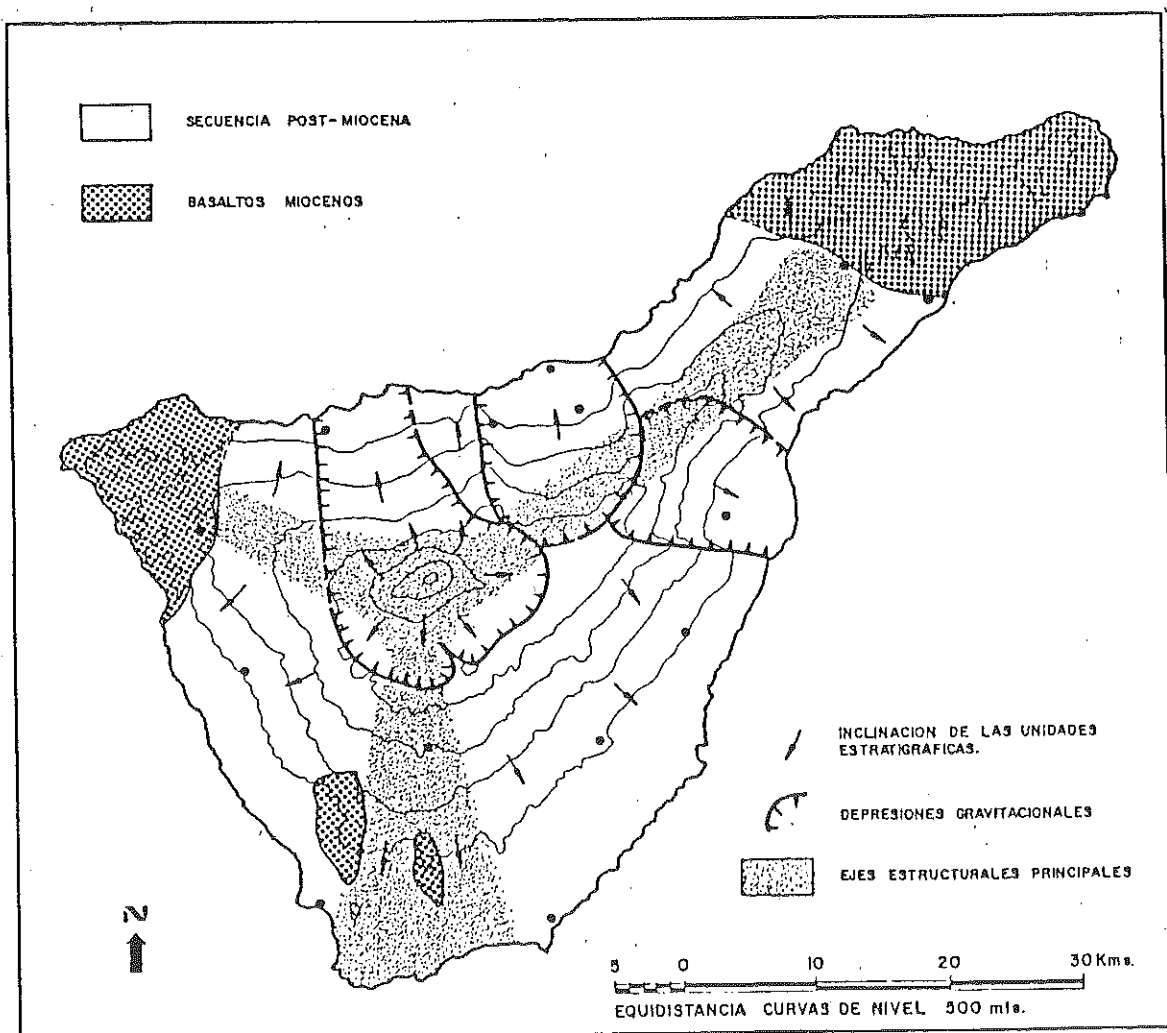


Fig.3.- Elementos estructurales que conforman el bloque insular y distribución de los grandes conjuntos estratigráficos.

- Más concretamente, el crecimiento del relieve no ha tenido lugar de una forma totalmente homogénea y, en ocasiones, la concentración en áreas restringidas de una actividad volcánica muy intensa ha podido llevar a un excesivo desarrollo de la dimensión vertical en relación a la horizontal. La inestabilidad gravitacional generada por tal desarrollo ha conducido, inevitablemente, al desencadenamiento de deslizamientos en masa de grandes proporciones que han roto la continuidad morfológica de las caras de la pirámide insular, generando vastas depresiones gravitacionales (Fig.3) cuyo sistema hidráulico difiere del resto de la Isla.

## 2. EJES ESTRUCTURALES

### 2.1. DEFINICION

Son zonas dinámicas dentro de la arquitectura del bloque insular que, a lo largo de toda la historia volcánica de la Isla, han canalizado el ascenso del magma desde la región del manto en que se genera hasta la superficie. La mayor parte de las emisiones ha tenido lugar en su entorno, y su estructura en el subsuelo es la de un apretado enjambre de diques (Figs. 4 y 5). Cada dique representa el conducto de una pulsación magmática singular, que puede llegar hasta la superficie del terreno, en cuyo caso se verifica una erupción, o bien quedar interrumpida en algún nivel intermedio como erupción abortada, lo que sucede con frecuencia (ver Apéndice I). En consecuencia, el número de diques observable en el subsuelo supera al de erupciones reales acaecidas.

### 2.2. TIPOS DE EJES

En Tenerife existen tres ejes estructurales principales (Figs. 2 y 3) que confluyen en el centro de la Isla desde el NE, el NO y el S, aproximadamente, formando entre sí ángulos de  $120^\circ$ , en coincidencia con las aristas de la pirámide insular. A juzgar por el control que ejercen sobre el relieve, tanto emergido como submarino, han debido actuar desde los estadios iniciales de formación de la Isla y siguen haciéndolo en la actualidad.

Sobre los ejes principales se superponen algunos otros de carácter secundario (Fig. 6), con idénticas directrices que en aquellos, pero de extensión más limitada y expresión topográfica menos acentuada. Están vinculados a la construcción de algún edificio volcánico concreto, por lo que su actividad no se prolonga más allá de la vida de éste (ver causas de formación en Apéndice I).

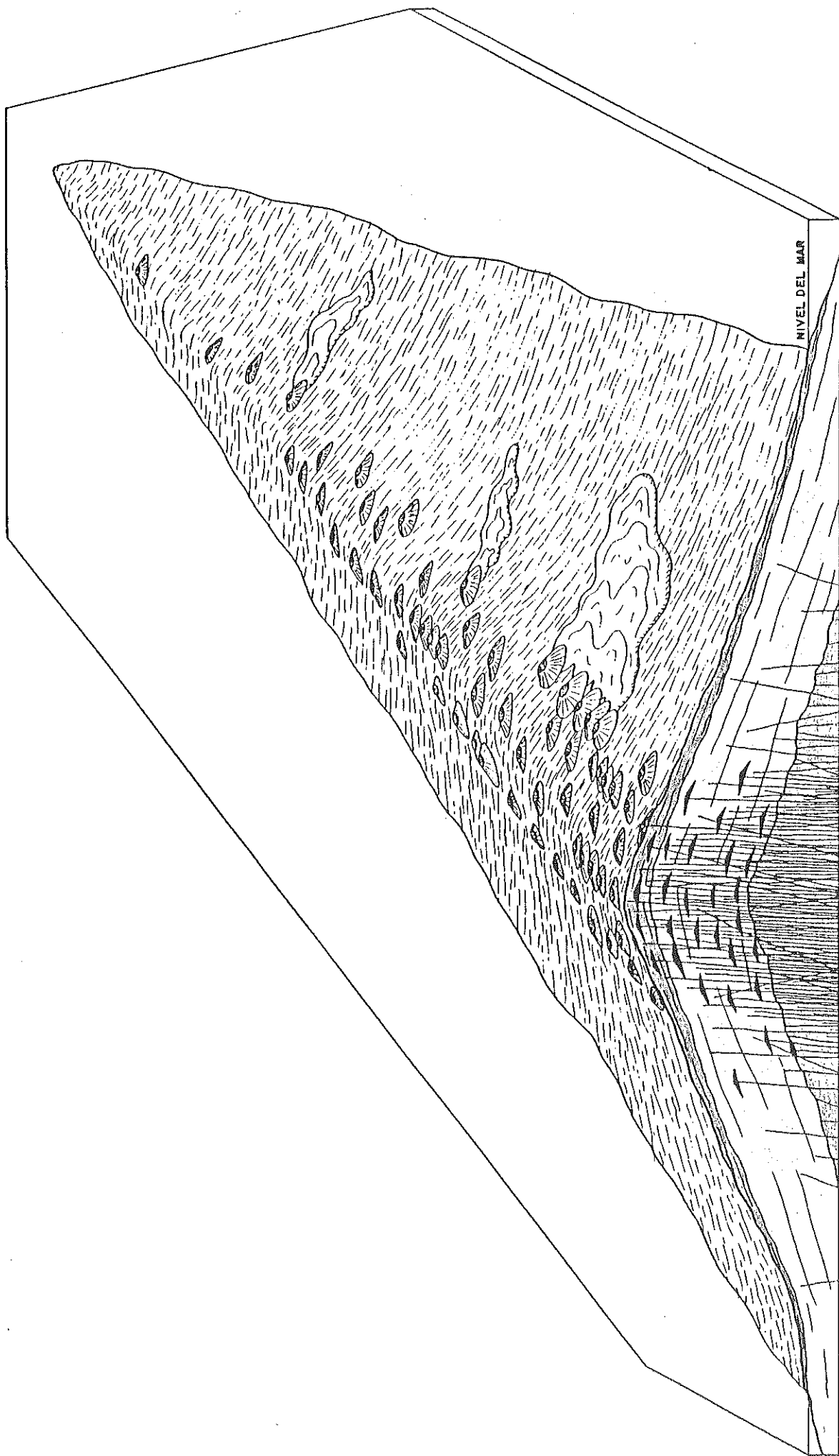


Fig.4.- Dorsal topográfica con agrupamiento de centros de emisión. En el subsuelo se corresponde con una red filoniana cuya densidad decrece gradualmente hacia los lados y hacia el techo; a esta red está asociada una fracturación secundaria intensa. Las bandas coloreadas representan unidades estratigráficas.

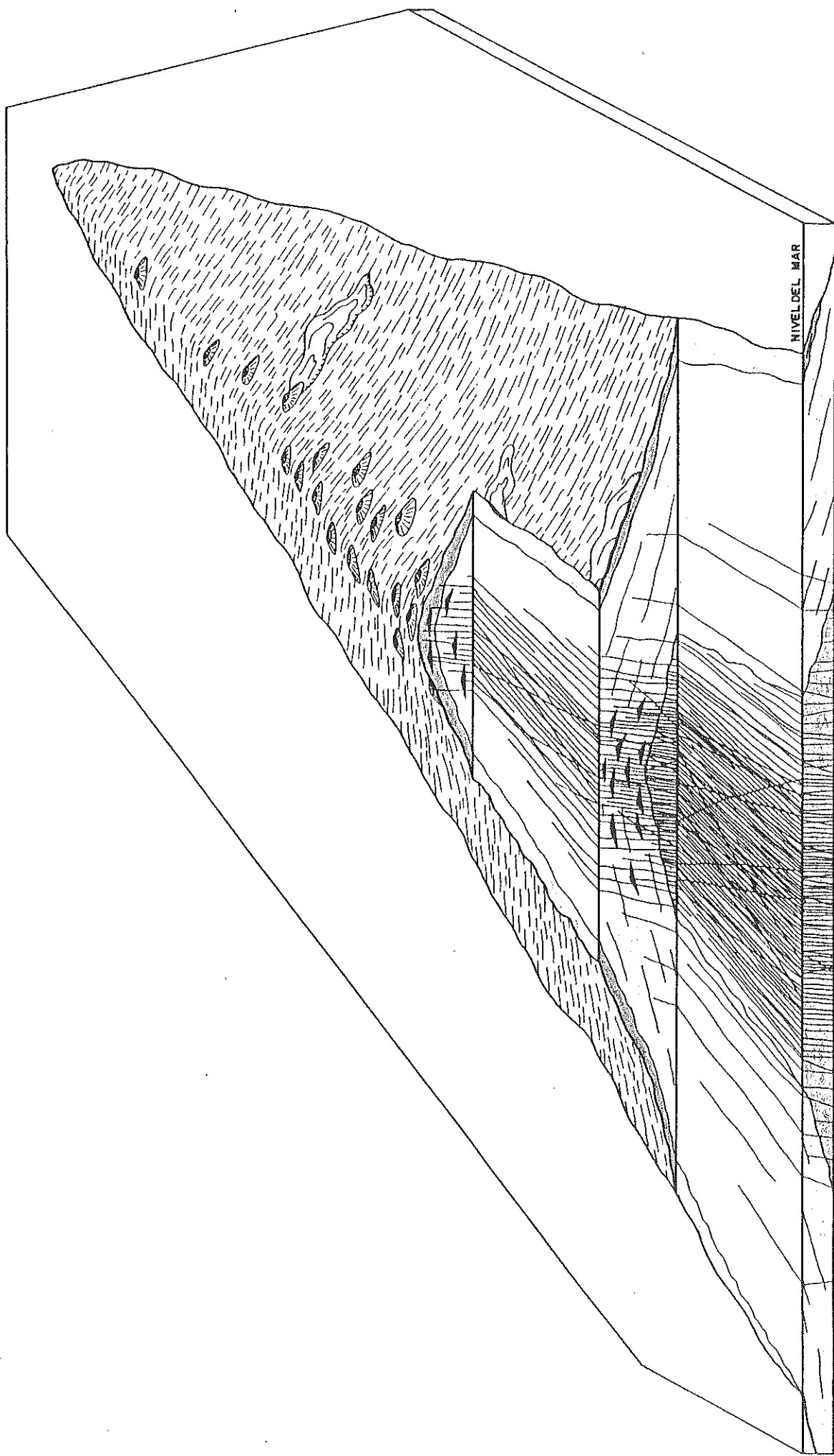


Fig.5.- Dorsal topográfica de la Fig.4 seccionada horizontalmente para mostrar las orientaciones principales de los diques y las variaciones de anchura y densidad de la red filoniana en la vertical. Las bandas coloreadas representan unidades estratigráficas.

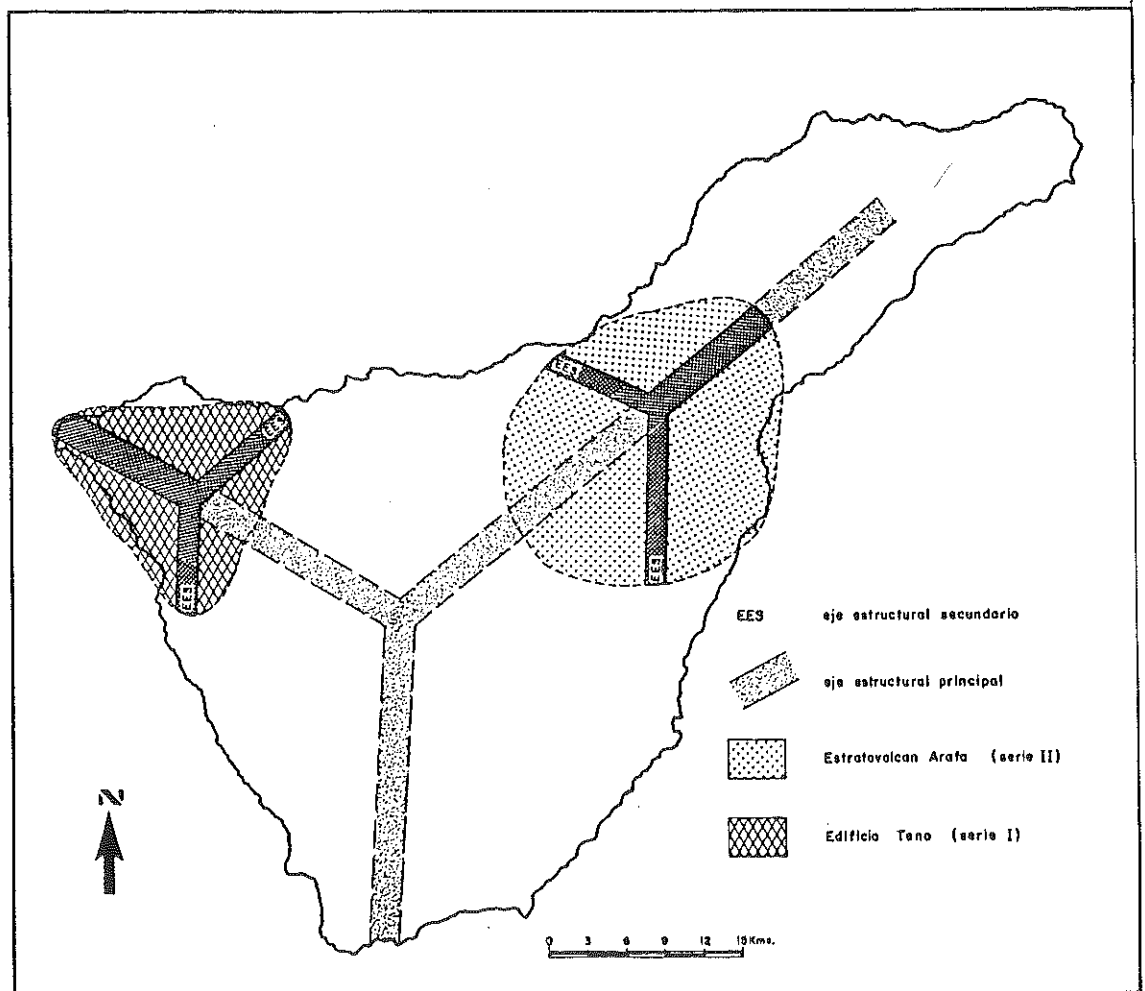


Fig.6.- Uniones triples secundarias yuxtapuestas a los ejes estructurales principales; constituyen el sistema de alimentación de algunos edificios volcánicos singulares. Una de las ramas coincide con alguno de los ejes principales, y las restantes, aun siendo divergentes, conservan las directrices generales de los ejes.

### 2.3. EXPRESION MORFOLOGICA

Los ejes estructurales principales (EEP) se manifiestan en superficie por ser líneas de cumbres (Cordilleras Dorsales) que ascienden gradualmente hacia el centro de la Isla, y por presentar una concentración anómala de aparatos volcánicos, que en general son conos de escorias alineados sobre fisuras eruptivas, cuya dirección tiende a coincidir con la de la Dorsal en que se encuentran (ver Fig. 4).

Las Dorsales topográficas muestran diversos estados de crecimiento o de degradación erosiva, por una parte, y los conos de escorias están asociados a una actividad más o menos reciente y más o menos voluminosa, por otra. La combinación de todos estos factores proporciona indicios, al menos en una primera aproximación, sobre la intensidad de los procesos eruptivos asociados a cada eje y sus fluctuaciones temporales:

- La Dorsal NO polariza la mayor parte de la actividad volcánica reciente, ya que tanto la región de cumbres como los flancos están ocupados por lavas que conservan perfectamente la morfología original (malpaíses) y, asimismo, tres de las cuatro erupciones históricas han tenido lugar en ella (Garachico, Chinyero y Chahorra). Por otra parte, la morfología suave de los flancos sugiere que, al menos en las últimas decenas de miles de años, la acumulación de material volcánico ha prevalecido sobre la acción erosiva, es decir, se ha realizado con una cierta continuidad temporal.

- La Dorsal NE parece haber tenido su máxima actividad durante la emisión de la Serie II, pero el ritmo eruptivo ha disminuído durante las fases posteriores, ya que los materiales vinculados a estas últimas son relativamente poco voluminosos y están distribuídos de manera discontinua. El aporte de materiales recientes no ha bastado para equilibrar los avances de la erosión, de modo que los flancos están surcados por barrancos muy encajados y la línea de cumbres es más bien una "cuchilla" topográfica. En conclusión, la actividad de este eje estructural en épocas recientes es menos intensa que la del eje NO, pero en absoluto debe considerarse extinta, ya que en su ámbito ha tenido lugar una erupción histórica (Siete Fuentes) y no son pocos los conos de escorias con morfología bien preservada.

- La Dorsal S es la menos desarrollada en altura, con escaso contraste morfológico sobre los terrenos adyacentes. Por otra parte, los centros de emisión existentes en ella dan un margen amplio de dispersión, es decir, no muestran el agrupamiento tan definido que existe en las otras dorsales. La combinación de ambas situaciones sugiere una actividad poco intensa, con



erupciones esporádicas y menor grado de organización interna, por lo que el eventual ascenso del magma puede seguir trayectorias algo erráticas que dan lugar a la dispersión observada en los centros eruptivos.

#### 2.4. EXPRESION GEOFISICA

Este tipo de elementos estructurales, en absoluto privativos de Tenerife, es bien conocido en otras islas oceánicas o en edificios volcánicos de grandes dimensiones. En unos pocos casos, en particular Hawaii, a la información de superficie (alineaciones y concentración de aparatos volcánicos, morfología, topografía, etc) se añade un conocimiento preciso del comportamiento geofísico. Las características más importantes que presentan son:

- Existe microsismicidad intensa, sobre todo en los periodos que preceden a una erupción; dentro de cada eje, los hipocentros tienden a estar agrupados en una franja vertical de unos pocos kilómetros de anchura.
- Dan anomalías positivas de la gravedad, de forma que, en un mapa de Bouguer, cada eje se corresponde con "cordilleras" o "altos" gravimétricos.
- Son, también, bandas de elevada susceptibilidad magnética.

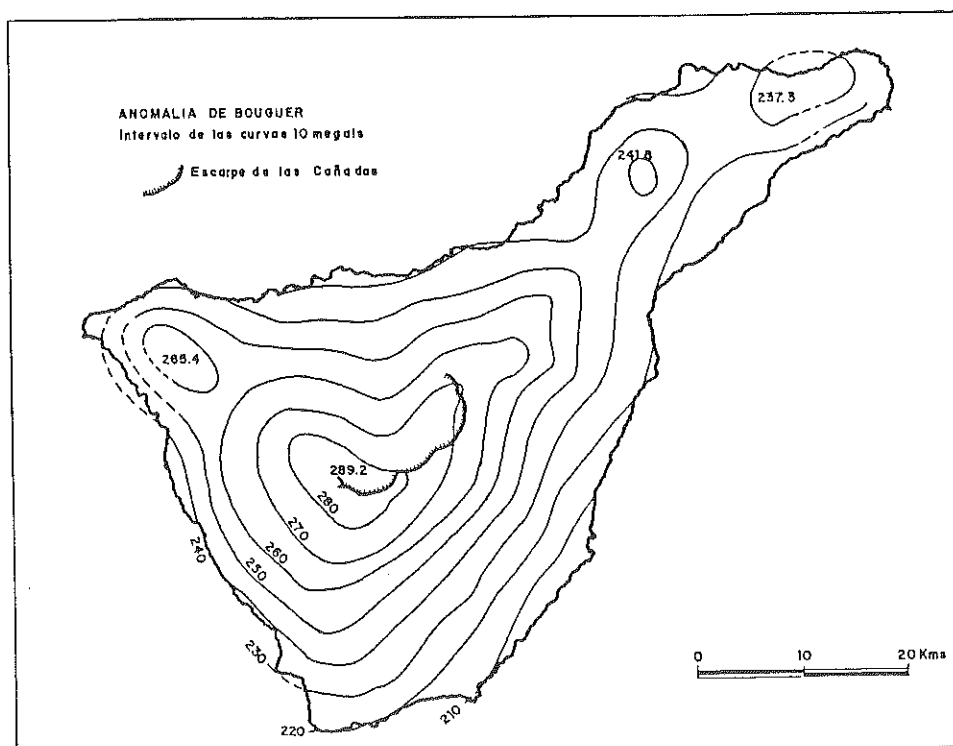


Fig.7.- Mapa de anomalías de Bouguer (según MacFarlane y Ridley, 1968).

En Tenerife, la única información disponible es la gravimétrica. En el mapa de anomalías de Bouguer (Fig. 7) elaborado por MacFarlane y Ridley (1968), las dorsales topográficas se correlacionan con "altos" de la gravedad, lo cual indica presencia de materiales densos en el subsuelo. Este hecho, por analogía con la situación de Hawaii, llevó a los autores del trabajo a sugerir que las Dorsales son zonas de concentración de diques que han controlado la actividad volcánica de la Isla, lo cual coincide plenamente con las observaciones del subsuelo.

## 2.5. CARACTERISTICAS EN EL SUBSUELO

Hawaii y otras zonas de volcanismo casi permanente, reúnen las condiciones ideales para estudiar el funcionamiento de ejes estructurales activos; sin embargo, este conocimiento queda limitado a las observaciones de superficie, ya sean visuales o instrumentales, y no existe la posibilidad de examinar directamente el subsuelo. En Tenerife, por el contrario, se da la circunstancia excepcional de poder acceder, a través de las galerías, hasta el mismo núcleo de los ejes, y ésto, además, a diversos niveles de cota; ha sido investigada, de ese modo, la estructura interna y sus variaciones tanto en la horizontal como en la vertical.

Según la información obtenida en las perforaciones, sobre todo en la Dorsal NE, cada eje estructural se corresponde en el subsuelo con una franja subvertical de 3-5 km de anchura, de características muy particulares. En ella hay una elevada concentración de diques verticales cuya dirección coincide con la del eje en que se encuentran (Fig. 4), así como una fracturación secundaria intensa, estrechamente asociada a la intrusión filoniana; la fracturación afecta tanto a la roca de caja como a un cierto número de diques (Fig. 8).

## 2.6. RED FILONIANA

2.6.1. La naturaleza de los diques cambia según se trate de la zona central en que convergen los tres ejes, o bien de las ramas de éstos, es decir, de las Dorsales propiamente dichas.

- En las dorsales, los diques tienen composición basáltica y traquibásaltica, pero en ambos casos sus características morfoestructurales son muy semejantes. Son cuerpos tabulares, subverticales, de 0.5-1.5 m de anchura media; las longitudes son de kilómetros (hasta una o varias decenas) tanto en sentido vertical como longitudinal. Están afectados por un diaclasado que suele ser paralelo a las paredes, cerca de éstas, y prismático en el núcleo central, con los prismas orientados perpendicularmente al plano del dique.

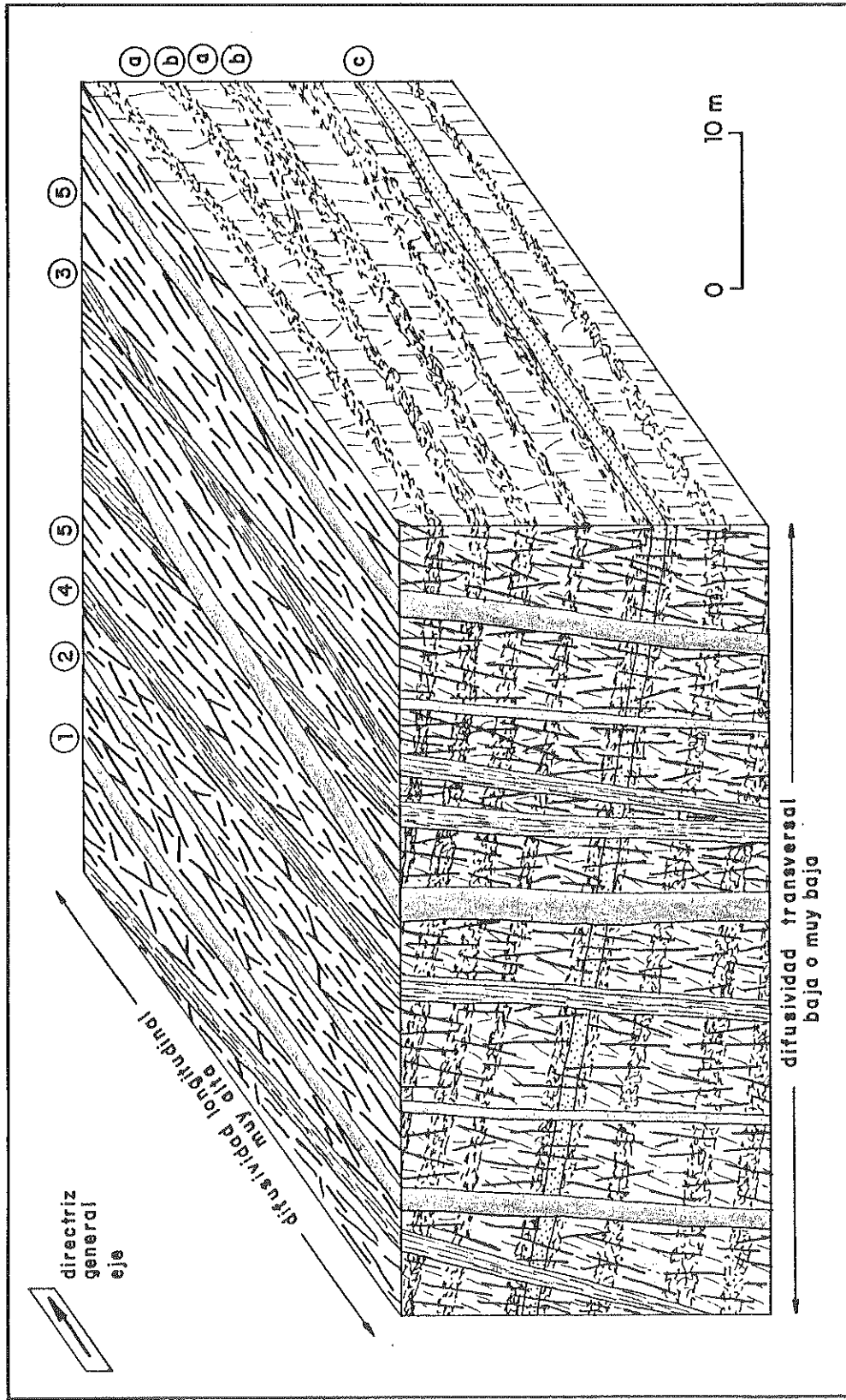


Fig.8.- Elementos presentes en el núcleo de un eje estructural:

FACTORES DE ANISOTROPIA VERTICAL (LONGITUDINAL)

- (1) diques "enteros" de permeabilidad muy baja o nula que actúan como barreras para el flujo cumbre-mar del agua;
- (2) fisuras secundarias abiertas;
- (3) diques fracturados muy permeables;
- (4) id. con fisura asociada;
- (5) microfracturación abierta generalizada.

CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS PRIMARIAS

- (a) zonas compactas de coladas, con permeabilidad primaria baja;
- (b) escorias de base y techo con conductividad hidráulica primaria moderada-alta
- (c) depósito piroclástico almagrado, primariamente impermeable.

Primariamente, estas diaclasas se encuentran bien cerradas y los diques tienen una conductividad hidráulica nula o muy baja, pero esto puede ser drásticamente modificado por la fracturación secundaria, como se verá más adelante.

- En la zona central de convergencia predominan los cuerpos intrusivos de naturaleza fonolítica, que pueden ser diques, diques-múltiples y pitones. La configuración espacial de todos ellos es menos ordenada que en las ramas de los ejes, superponiéndose tendencias radiales, longitudinales y de tipo "cone-sheet". Los diques fonolíticos suelen ser más anchos que los de las otras composiciones (2-5 m de media), y los pitones pueden superar el centenar de metros de diámetro. En todos ellos hay un diaclasado espectacular pero absolutamente cerrado, de modo que la conductividad primaria es nula.

2.6.2. La Edensidad de la malla de diques, aunque variable tanto en la vertical como lateralmente, sigue pautas de concentración bien definidas:

- En la horizontal, existe una zona central de 2-3 km de anchura en que la densidad es máxima, y a continuación decrece en forma rápida, pero gradual, al alejarse hacia ambos lados (Fig. 4). En el nivel estratigráfico de la Serie II, por ejemplo, y dentro del eje NE, hay un dique cada 20-25 m en una banda central de 2 km de anchura, mientras que a ambos lados de ella la densidad decrece hasta un dique cada 200-300 m en los siguientes 2 km y, finalmente, deja de haberlos a 3-4 km.

- En la vertical, cuanto más profundo es el nivel estratigráfico, más ancha es la zona afectada por la intrusión filoniana y mayor la densidad de la red: los diques son escasos en las Series Recientes, aumentan progresiva y rápidamente al descender dentro de la Serie II (ver valores indicados en el párrafo anterior) y, finalmente, son tan abundantes dentro de la Serie Basáltica I que con frecuencia superan en volumen a la roca de caja (Fig.5). El incremento en el número de diques al pasar de la Serie II a la I no es gradual sino brusco, pues el contacto entre ambas formaciones es una discordancia erosiva que decapita una red filoniana antigua.

En definitiva, y teniendo en cuenta el aumento progresivo en anchura y hacia abajo de la zona afectada por la intrusión filoniana, la sección transversal de un eje estructural en el subsuelo se asemeja más a una cuña que a una franja vertical (Figs. 4 y 5), aunque por comodidad se use con frecuencia esta última expresión.

## 2.7. FRACTURACION SECUNDARIA

Está relacionada muy directamente con la intrusión filoniana y responde, en esencia, a dos tipos que aparecen simultáneamente: 1) grandes fisuras abiertas, y 2) microfracturación general (Fig. 8).

2.7.1. Las grandes fisuras abiertas tienden a ser subverticales y de la misma dirección que el eje en que se encuentran, es decir, suelen disponerse paralelamente a la malla de diques. La frecuencia de aparición de grandes fisuras parece variar en proporción directa con la densidad de la red filoniana, pero la información numérica disponible es menos precisa que en esta última porque en las galerías son más difíciles de observar que los diques, salvo cuando la separación entre bordes es muy considerable. En cualquier caso, su número no es inferior al 5% de la cantidad de diques, y tal vez alcanza el 20% en el ámbito del núcleo del eje.

Tampoco se conoce con precisión su continuidad lateral, pues una fisura determinada no posee una identidad que la discrimine con relación a otra; como mínimo deben alcanzar algunos centenares de metros, y probablemente tienen longitudes equivalentes a las de los diques. La amplitud de separación entre los bordes varía, en general, entre algunos centímetros y unos pocos decímetros, pero en ocasiones llega a alcanzar hasta un metro. En todo caso, estos elementos establecen una eficacísima intercomunicación vertical y longitudinal en el dominio del eje estructural.

Las grandes fisuras pueden estar localizadas en la roca de caja que alberga la intrusión filoniana, pero con mayor frecuencia afectan a los propios diques, ya sea en su porción interna o bien en las paredes externas en que contactan con la roca de caja. La razón de ésto estriba en que los diques son discontinuidades preexistentes que coinciden con la dirección general de mínima resistencia, es decir +X'X planos de debilidad en donde las condiciones de ruptura se alcanzan con menores esfuerzos.

2.7.2. La microfracturación general se manifiesta por planos de rotura de dimensiones mucho más modestas (del orden de metros o decímetros), pero distribuidos apretadamente en todas las direcciones del espacio y conectados entre sí. Con frecuencia están superpuestos al diaclasado primario de retracción de lavas y diques; en tal caso no es fácil distinguir este tipo de discontinuidades en las malas condiciones de observación que imperan en las galerías y, de hecho, es un dato pocas veces registrado en las fichas del SPA-15.

La microfracturación secundaria está estrechamente vinculada a las grandes fisuras abiertas y a la intrusión

filoniana y, en consecuencia, es más intensa en las zonas en que ambas predominan, es decir, en el núcleo de los ejes estructurales.

Tanto las grandes fisuras como la microfracturación tienen gran significación hidrogeológica, ya que incrementan considerablemente la permeabilidad, el coeficiente de almacenamiento y la difusividad longitudinal y vertical en el dominio de los ejes. Hay que advertir, sin embargo, que esta situación sólo se da en los segmentos que permanecen actualmente activos; por el contrario, en aquellos que hace tiempo que dejaron de actuar (como en Anaga, por ejemplo), la presión confinante debida a la carga de los materiales suprayacentes ha cerrado de nuevo las fracturas.

El papel intercomunicador de la fisuración secundaria que afecta a los ejes estructurales, repercute no sólo en el flujo subterráneo del agua sino también en la circulación de otros fluidos. Las emanaciones gaseosas profundas de las zonas magmáticamente más activas, principalmente CO<sub>2</sub>, encuentran facilitado su ascenso a través del eje y alcanzan el acuífero sin problemas. Al incorporarse a las aguas subterráneas modifican el pH de éstas y las hacen más agresivas, por lo que de este modo pueden interaccionar eficazmente con la roca e incorporar mayor carga de sales (Custodio, 1978). Este puede ser el mecanismo que explique la mala calidad del agua de ciertas galerías de la Dorsal NO y del área de Las Cañadas.

## 2.8. DISPOSICION DE LAS UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

La disposición que adoptan las unidades estratigráficas está estrechamente controlada por los ejes estructurales, ya que, como tantas veces se ha mencionado, es en el entorno de éstos donde se han verificado la mayor parte de las erupciones. El modelo de distribución es sencillo: en el interior de cada Dorsal topográfica, las unidades estratigráficas están inclinadas hacia el mar en ambas vertientes como un tejado a dos aguas, y en el conjunto de la Isla buzan periclinalmente con ángulos que oscilan entre 5 y 15°.

El núcleo de cada eje es, pues, un plano vertical de simetría, y dentro de cada unidad se registran unas tendencias generales de variación en sentido transversal que dependen del aumento o la disminución de la distancia al plano axial:

- Los piroclastos tienden a ser más voluminosos cerca del núcleo, y con frecuencia forman masas lenticulares que corresponden a conos de escorias enterrados. A mayores distancias constituyen mantos cuyo espesor y tamaño de grano decrecen hacia el mar.
- Inversamente, las lavas aumentan su proporción relativa al alejarse del núcleo.

- La potencia y la inclinación de cada serie tienden a disminuir al alejarse del núcleo del eje. Hay algunas excepciones, vinculadas con situaciones en que lavas muy fluidas se derraman sobre taludes de fuerte ángulo, por lo que sólo pueden acumularse a grandes distancias de los centros de emisión.

- Las intercalaciones de depósitos sedimentarios tienden a ser más abundantes lejos del núcleo, en donde la pendiente es menos acentuada.

- El número de diques que corta cada unidad estratigráfica ha sido tratado en el apartado anterior; puede mencionarse brevemente, sin embargo, que es máximo en el núcleo y que decrece paulatinamente al alejarse de él hacia ambos lados.

Las anteriores tendencias de variación son las registradas en sentido perpendicular a cada eje. En sentido longitudinal, y considerando el sistema insular triple, los materiales emitidos tienden a ordenarse según su composición, observándose un grado de diferenciación creciente hacia la zona de intersección de los tres ejes, es decir, en cada una de las unidades estratigráficas los materiales tienden a ser más sálicos cuanto más cerca de la intersección han sido emitidos.

Sin entrar en detalles dentro de cada unidad, sino refiriéndonos al conjunto de las Formaciones Postmiocenas, en las ramas de los ejes estructurales ha predominado la extrusión de basaltos y, subordinadamente, de traquibasaltos; por el contrario, en el ámbito de la intersección, es decir, en la zona más elevada de la Isla, son mayoritarias las fonolitas y sólo en segundo lugar figuran los traquibasaltos. Este hecho tiene trascendencia hidrogeológica, pues las lavas basálticas y traquibasálticas dan tipos morfológicos aa y pahoehoe con una alta proporción de huecos interconectados (buena permeabilidad primaria), mientras que, por el contrario, las lavas fonolíticas son muy compactas y apenas están afectadas por una red poco densa de diaclasas de enfriamiento (permeabilidad primaria muy baja o nula). Nos encontramos, por tanto, ante una heterogeneidad litológica de escala insular que influye sensiblemente en el flujo subterráneo general del agua.

## 2.9. SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LOS EJES

El crecimiento de la Isla por acumulación sucesiva de materiales puede ser esquematizado mediante un modelo en "capas" superpuestas, cada una de las cuales tiene una permeabilidad menor cuanto más profunda es su posición, es decir, cuanto más antigua es la edad de la unidad

estratigráfica equivalente.

Aparte de las complicaciones representadas por cambios laterales en la naturaleza de los materiales que integran la misma "capa", que son analizadas en el siguiente capítulo, el modelo simple "en capas" está considerablemente modificado en las franjas correspondientes a los ejes estructurales. En efecto, tanto la intrusión filoniana como la fracturación secundaria transmutan las características originales de la roca de caja, y el comportamiento hidrogeológico global pasa a ser no sólo muy diferente sino incluso opuesto.

De acuerdo con la intensidad de los cambios operados, es conveniente distinguir varios dominios subverticales dentro de cada eje: 1) núcleo y 2) márgenes (Fig.9). El contacto entre dos dominios contiguos no es, evidentemente, un plano bien determinado sino un tránsito gradual, por lo que su definición en el espacio es subjetiva.

### 2.9.1. Comportamiento en el núcleo

En la franja en que la intrusión filoniana es máxima, la fracturación secundaria abierta induce una permeabilidad fisural que mitiga las diferencias originales de comportamiento entre las diversas unidades estratigráficas. Así por ejemplo, los basaltos miocenos (Serie I), que fuera del eje constituyen un zócalo impermeable, aquí pasan a tener una elevada conductividad hidráulica, no muy diversa de la que posee la Serie II suprayacente.

La mayor permeabilidad está vinculada a las grandes fisuras abiertas y a los diques fracturados, ambos subverticales y de dirección coincidente con la general del eje, que actúan como vías de drenaje rápido (Fig.8). La microfracturación generalizada es un elemento de drenaje más lento que los anteriores, pero tiene mayor repercusión en el aumento del coeficiente de almacenamiento global del núcleo, de modo que su presencia eleva considerablemente el volumen de reservas disponibles. En unión de las grandes fisuras abiertas y de los diques fracturados, rompe los niveles subhorizontales de permeabilidad baja o nula y contribuye decisivamente a la intercomunicación vertical y longitudinal en el dominio del núcleo.

Sin embargo, no todos los diques han sido afectados por la fracturación secundaria. Muchos de ellos, acaso los más jóvenes, conservan un carácter "entero" y, como el diaclasado primario de retracción está cerrado, se comportan como elementos de permeabilidad muy baja o nula. Actúan como barreras que dificultan el flujo transversal del agua subterránea (es decir, el flujo en sentido cumbre-mar) y, en consecuencia, la zona saturada se sobreeleva y aumenta el volumen de reservas.



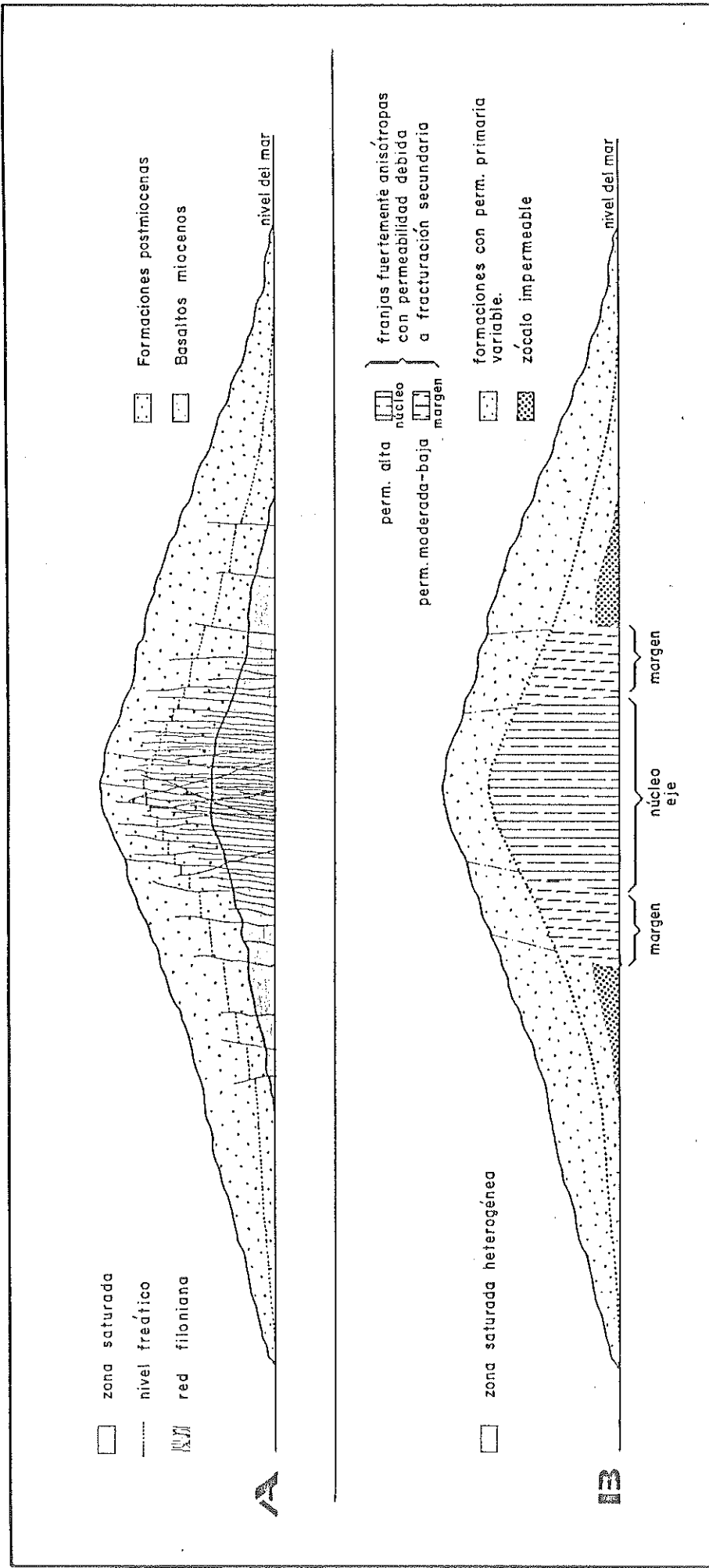


Fig. 9 .- Comportamiento hidrogeológico en el subsuelo de una Dorsal.

A.- En una primera aproximación, la permeabilidad está condicionada por la estratigrafía. Los basaltos miocenos (Serie I) se comportan como zócalo impermeable, mientras que las formaciones postmiocenas tienen una conductividad hidráulica que tiende a disminuir con la profundidad. La configuración del nivel freático está fuertemente controlada por la presencia de diques, que al actuar en ocasiones como barreras impermeables retardan el flujo en sentido cumbre-mar y sobrelevan el espesor de la zona saturada.

B.- El esquema anterior está modificado por la fracturación secundaria asociada al eje estructural. La franja del núcleo pasa a ser altamente permeable incluso en el nivel de la Serie I; en los margenes, la conductividad es menor y tiende a disminuir rápidamente conforme aumenta la distancia al núcleo. Fuera del ámbito del eje, la permeabilidad es la original de las diferentes unidades estratigráficas. La fuerte anisotropía inducida por diques y fisuras favorece la difusividad del acuífero en sentido longitudinal y la dificulta en el transversal (cumbre-mar).

Tanto los diques como las fracturas, al poseer una direccionalidad bien definida, crean un medio sumamente anisótropo. La circulación vertical y longitudinal apenas está obstaculizada por algunos diques impermeables orientados oblicuamente con respecto al conjunto, y la difusividad del acuífero es máxima a lo largo del eje.

### 2.9.2. Comportamiento en los márgenes

La intrusión filoniana disminuye rápidamente en densidad a ambos lados del núcleo, y a unos pocos kilómetros desaparece por completo. La fracturación secundaria se hace más esporádica, y las diversas unidades estratigráficas recuperan en parte las características hidrogeológicas propias de los sectores alejados del eje.

El rasgo más sobresaliente de estas bandas marginales es que los diques, aunque mucho menos numerosos que en el núcleo, pueden actuar en su mayoría como barreras que retrasan el flujo transversal (cumbre-mar) del agua subterránea. La superficie fréatica adquiere una sobreelevación considerable y el gradiente hidráulico es mucho mayor que el que corresponde a la permeabilidad intrínseca de las unidades estratigráficas. Por otra parte, la difusividad longitudinal y vertical del acuífero es sensiblemente menor que en el núcleo a causa de la menor fracturación secundaria.

## 3. DEPRESIONES GRAVITACIONALES

La red de drenaje superficial de la Isla está representada por una apretada trama de barrancos, más o menos encajados, que divergen desde las Dorsales topográficas o que adquieren una tendencia radial en la porción central del bloque insular; independientemente de la profundidad que alcanzan, en ocasiones superior a 500 m, su perfil transversal es siempre el clásico en V que resulta de la erosión fluvial o torrencial.

En contraste con los anteriores, hay, sin embargo, un cierto número de grandes "valles" (Gúímar, La Orotava e Icod, (Fig. 3) dotados de una morfología muy peculiar, no explicable por las mismas causas erosivas que han creado la red de drenaje normal. Los rasgos morfológicos distintivos de estas gigantescas depresiones abiertas hacia el mar, pueden ser esquematizados como sigue:

- 1) El fondo es plano o regular, suavemente inclinado hacia la costa y de varios kilómetros de anchura; hay un relleno más o menos potente de materiales jóvenes (lavas y, a veces, sedimentos) y, más en profundidad, aparece sistemáticamente una masa brechoide y caótica, conocida genéricamente como mortalón.

2) Las paredes laterales son muy rectilíneas y de varios centenares de metros de altura; poseen pendientes próximas a la vertical y tienden a separarse progresivamente una de otra al alejarse del mar.

3) La cabecera tiene forma de anfiteatro y está emplazada en algún segmento de los ejes estructurales, es decir, en zonas en que el crecimiento del relieve por acumulación de materiales volcánicos sucesivos ha sido máximo.

Estas depresiones, bien conocidas por los geólogos desde el siglo pasado, han sido interpretadas de diversos modos en base a la morfología, y no son pocos los autores que han postulado un origen tectónico o volcano-tectónico (de hundimiento), imaginando que las escarpadas paredes laterales eran fallas directas. Sin embargo, a partir de las investigaciones del subsuelo hechas por Bravo (1962) ha quedado claro que tales fallas no existen y que en profundidad hay continuidad entre las formaciones del valle y las de sus márgenes, por lo que el origen de estas depresiones hay que atribuirlo al deslizamiento en masa de grandes porciones del relieve, gravitacionalmente inestables.

Deslizamientos similares, pero a menor escala, han tenido lugar en época histórica en al menos tres volcanes: Bandai-San (1888, Japon), Bezyminiy (1956, URSS) y St. Helen (1980, USA); en todos ellos, el material desplazado se fragmentó y trituró para dar un depósito brechoide idéntico al mortalón.

**UNIDADES ESTRATIGRAFICAS Y SUS  
CARACTERES HIDROGEOLOGICOS**

# UNIDADES ESTRATIGRAFICAS Y SUS CARACTERES HIDROGEOLOGICOS

## 1. SECUENCIA GENERAL

Aunque parece muy probable que en el substrato profundo de Tenerife se halle un Complejo Basal subvolcánico de características similares a los de otras islas del Archipiélago, hasta la fecha no ha sido intersectado por ninguna de las numerosas y profundas galerías excavadas para captar las aguas subterráneas.

Las unidades estratigráficas que conforman la porción emergida de la Isla son, pues, mayoritariamente volcánicas, con algunas intercalaciones sedimentarias de escasa importancia volumétrica. Estas unidades pueden ser agrupadas en dos grandes conjuntos, generados en otras tantas fases de actividad y separados en el tiempo por un dilatado periodo de calma eruptiva (1 ó 2 millones de años de extensión; Carracedo, 1974) durante el cual fue seriamente reducido el edificio insular preexistente.

El primer conjunto, denominado genéricamente Serie Basáltica I, o Basaltos Miocenos, tiene una edad aproximada de 5-15 millones de años y aflora en algunos macizos aislados (Teno, Anaga, etc.) cuya morfología es muy peculiar a causa de la intensa erosión que han experimentado. Aunque la Serie I está cubierta en el resto de la Isla por formaciones más recientes que la ocultan, son muchas las galerías que han llegado a ella y es posible reconstruir en parte su configuración en el subsuelo. El rasgo más distintivo de esta formación es, tal vez, su aparente uniformidad: un apilamiento de innumerables coladas y horizontes piroclásticos, de composición monótonamente basáltica, que está acompañado de un cortejo de diques de la misma naturaleza. Las características que originalmente tuvieron estas rocas han sido profundamente modificadas por procesos posteriores a su emplazamiento: una alteración y compactación generalizadas han reducido en alto grado el volumen de huecos primarios y, salvo en zonas recientemente fracturadas, la Serie I se comporta como un zócalo de permeabilidad escasa o nula.

El segundo conjunto, que agrupa las denominadas Formaciones Postmiocenas, corresponde a una reanudación de la actividad eruptiva que se inició hace unos 2 millones de años y que, con interrupciones de lapso corto, llega hasta la actualidad. Los materiales que comprende tienen una variabilidad composicional mucho mayor que los precedentes, abarcando toda la gama de transición basaltos-traquibasaltos-fonolitas/traquitas. La diversidad en edad y composición dentro del conjunto Postmioceno tiene una fuerte implicación hidrogeológica, pues, dependiendo de una y otra, el comportamiento de los materiales oscilará entre términos

extremos de total impermeabilidad o de elevadísima conductividad hidráulica, lo que convierte el espacio físico insular en un medio sumamente heterogéneo.

## 2. LIMITACIONES DE LA SUCESION ESTRATIGRAFICA UTILIZADA

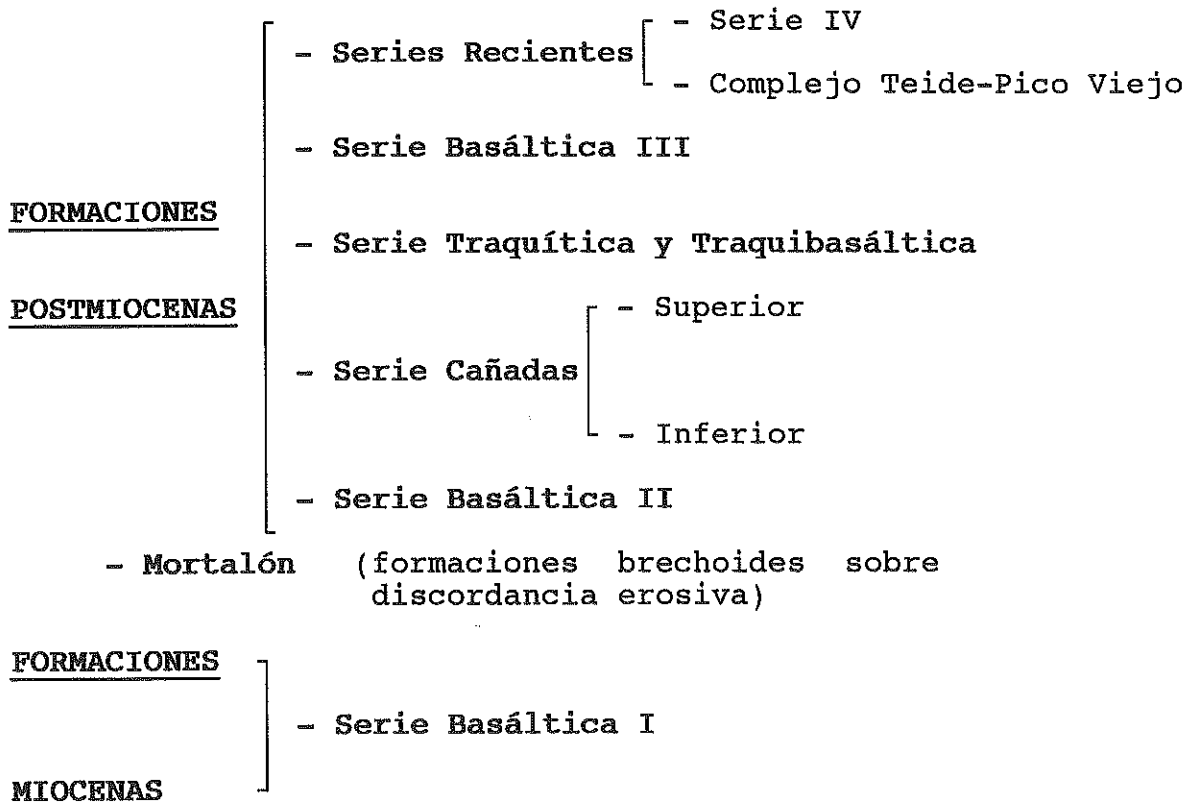
Los dos conjuntos descritos anteriormente tienen una amplitud excesiva y, sobre todo en el caso de las Formaciones Postmiocenas, se hace necesario introducir una subdivisión en unidades más restringidas, pero es aquí donde comienzan las complicaciones. En efecto, la dificultad que presenta Tenerife, y en general todos los terrenos volcánicos, para el establecimiento de divisiones estratigráficas bien definidas, es considerable:

- En primer lugar, los productos emitidos en un mismo lapso temporal pueden tener, y de hecho tienen, características composicionales y morfoestructurales muy dispares. Inversamente, productos idénticos en composición y aspecto pueden haber sido emitidos en fases de actividad muy separadas en el tiempo.

- En segundo lugar, son inaplicables los criterios habituales de correlación en terrenos sedimentarios, ya que en el volcanismo insular no se encuentran niveles-guía ni superficies de erosión generalizadas, al menos dentro de las Formaciones Postmiocenas.

- Finalmente, los métodos radiométricos de datación absoluta son muy costosos económicamente, exigen rocas frescas y, sobre todo, dan resultados poco precisos, con márgenes de dispersión que en ocasiones se aproximan al 100% .

Por todo ello, el ordenamiento estratigráfico que pueda establecerse en Tenerife nunca dejará de tener imprecisiones y, con frecuencia, será arbitrario y subjetivo. De las distintas sucesiones propuestas hasta la fecha, la más aceptada es la establecida por Fúster et al. (1968) , que, por otra parte, fue la utilizada durante el inventario de pozos y galerías del SPA-15. Las unidades que comprende son las siguientes, de más moderna a más antigua:



El principal inconveniente de la sucesión anterior radica en la atribución de un significado cronológico general a cambios composicionales que en realidad sólo tienen lugar en sectores restringidos. Por ejemplo, y según ella, la Serie Cañadas Superior se correspondería con un periodo en que en la Isla funciona un volcanismo esencialmente fonolítico, el cual sería seguido de una actividad mayoritariamente traquibasáltica, primero, y basáltica, después.

La realidad es más compleja y difícil de apresar, ya que, como se mencionaba anteriormente, durante cualquier periodo pueden ser emitidos simultáneamente materiales de composición contrastada, si bien lo hacen en zonas alejadas entre sí. Esta situación está bien ilustrada por la actividad que está teniendo lugar en los últimos miles de años: mientras que en el centro de la Isla hay un volcanismo de tipo traquítico/fonolítico, en la Dorsal NO se verifican emisiones de naturaleza menos diferenciada, con composiciones que van desde traquibasaltos, en el segmento más próximo a Las Cañadas, hasta basaltos en el extremo más alejado.

Los cambios laterales de composición en rocas emitidas sincrónicamente, muy claros en el ejemplo anterior, son menos evidentes cuando las formaciones implicadas son antiguas: en general faltan elementos de juicio cronológicos (edades) y tampoco suele estar bien documentada la conexión espacial en

el subsuelo. Sin embargo, y de modo tentativo, hay que mencionar algunas posibles correlaciones que modifican parcialmente la secuencia temporal de Fúster et al. (1968):

- La Serie II, que ocupa las alas de los ejes estructurales y es de naturaleza esencialmente basáltica, parece correlacionarse en el tiempo con la Serie Cañadas Inferior, que está localizada en la zona de intersección de los ejes y es litológicamente más compleja (basaltos, traquibasaltos y algunas fonolitas).

- La Serie Cañadas Superior, sólo presente en la región central de la Isla y formada mayoritariamente por lavas fonolíticas, puede ser el equivalente lateral de la Serie Traquítica y Traquibasáltica y de gran parte de la Serie Basáltica III, ya que dentro de estas dos últimas formaciones son numerosas las intercalaciones de mantos de pómez, los cuales han sido generados durante erupciones explosivas acaecidas en el centro de la Isla y que, al igual que las lavas de la Serie Cañadas, tienen composición fonolítica.

### 3. SERIE BASALTICA I

#### 3.1. RASGOS GENERALES

Es la más antigua de las formaciones visibles. Su límite inferior no ha sido encontrado todavía, y el superior es una superficie de denudación, la única conocida que haya afectado a la totalidad del bloque insular. Esta superficie se formó a lo largo de un prolongado periodo en que, por causas desconocidas, la actividad volcánica estuvo paralizada o al menos muy ralentizada, y la erosión, no contrarrestada por nuevos aportes volcánicos, pudo desmontar gran parte del relieve preexistente.

La Serie I representa una fase de actividad eruptiva tan dilatada como poco conocida en sus detalles. Los materiales que la integran son monótonamente basálticos, si bien existen también algunas fonolitas máficas -pitones y lavas de poca extensión- en el techo de la secuencia. Este carácter basáltico generalizado, unido a una edad comprendida "grosso modo" entre 3 y 15 m.a. (Carracedo, 1975), es el común denominador de la Serie, que en realidad resulta de la coalescencia de unos cuantos edificios volcánicos singulares, geográficamente dispersos y probablemente no sincrónicos.

Aflora extensamente en superficie, conformando macizos montañosos bien individualizados (penínsulas de Anaga y Tenos y relieves del sector Adeje-Valle San Lorenzo), cuya recortada morfología posee una personalidad fácilmente reconocible. Cada uno de estos macizos es el remanente erosionado de uno de los edificios volcánicos que se mencionaban anteriormente. En el



resto de la Isla yace oculta bajo una cobertera más reciente de Formaciones Postmiocenas, y su configuración en el subsuelo es bien conocida únicamente en la Dorsal NE, en donde hay numerosas galerías que la intersectan. Su presencia en otras zonas está insuficientemente documentada, pero es probable que forme un substrato continuo que conecte en profundidad los diversos sectores aflorantes o conocidos.

### 3.2. MATERIALES CONSTITUYENTES

La Serie I está integrada por centenares de lavas y horizontes piroclásticos de naturaleza basáltica que se apilan e imbrican lateralmente para dar un conjunto muy heterogéneo en detalle; todo ello está cortado, además, por una red de diques, extraordinariamente densa en ocasiones.

Las lavas son en general del tipo aa, con predominio de la zona compacta sobre las escorias de base y techo, pero localmente (en Teno, por ejemplo) alcanzan gran desarrollo los tipos pahoehoe, que poseen una elevada proporción de huecos primarios de grandes dimensiones.

Los piroclastos pueden formar mantos extensos, de escasa potencia (<2 m) y granulometría fina, que se intercalan entre las lavas. En otras ocasiones forman masas menos dispersas pero mucho más voluminosas que corresponden a conos de escorias enterrados dentro de la secuencia, constituídos por fragmentos de dimensiones muy variables.

La presencia de diques basálticos subverticales es casi constante. La anchura media es de 0.5-2 m, pero su proporción con respecto a la roca de caja varía extraordinariamente, y así, mientras que la densidad global media es de un dique cada 50 ó 100 m, en el núcleo de los ejes estructurales pueden llegar a constituir hasta un 90% del volumen total de la roca. La densidad de la red filoniana es función también de la altura estratigráfica dentro de la serie, disminuyendo hacia el techo de forma muy patente.

Además de la red basáltica hay otra de naturaleza fonolítica, con diques mucho menos numerosos aunque más gruesos (2-6 m de anchura media); en ella son muy característicos los pitones mas o menos circulares (roques), en cuyo entorno suele agruparse un enjambre de diques menores de igual composición.

Lavas, piroclastos y diques han experimentado procesos secundarios de alteración y compactación que han modificado en mayor o menor grado sus estructuras primarias, rehomogeneizando extraordinariamente un conjunto de materiales originalmente diverso.

### 3.3. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUYENTES

Los materiales que conforman la Serie I tienen un comportamiento hidrogeológico que depende, en parte, de sus características primarias y, en parte, de cómo y en qué grado han sido modificadas estas últimas por los procesos secundarios que han operado durante su larga vida.

- Lavas aa: Tienen escorias de base y techo muy compactadas, transformadas parcialmente en arcillas y con rellenos secundarios en las cavidades, de modo que el volumen original de huecos ha quedado sumamente reducido. Zona compacta alterada, con fisuras de retracción y vacuolas total o parcialmente rellenas por depósitos secundarios. Comportamiento actual: permeabilidad muy baja o nula, capacidad de almacenamiento muy baja o nula.

- Lavas pahoehoe: Estas lavas contienen originalmente grandes huecos limitados por superficies cóncavas y convexas, mecánicamente resistentes a la compactación y demasiado voluminosos para ser rellenos en su totalidad por depósitos secundarios; de esta forma, sólo en casos extremos desaparecen por completo. Comportamiento actual: permeabilidad moderada/baja, capacidad de almacenamiento moderada/baja.

- Piroclastos: Son muy sensibles a la compactación y a la transformación en arcillas, con reducción extrema del volumen original de huecos. Comportamiento actual: permeabilidad nula, capacidad de almacenamiento nula.

- Diques: No han sido afectados por la compactación, pero las fisuras de retracción se encuentran total o parcialmente rellenas por depósitos secundarios. Comportamiento actual: permeabilidad baja o nula, capacidad de almacenamiento muy baja o nula.

### 3.4. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO GLOBAL

En el apartado anterior se vió cómo cada elemento constituyente ha experimentado una considerable reducción en la proporción original de huecos. La consecuencia es que, tal como muestran las galerías excavadas en Anaga, la Serie I se comporta globalmente como un conjunto homogéneo de permeabilidad nula o muy baja. En consecuencia, y teniendo en cuenta la posición que ocupa en el interior del bloque insular, puede considerarse como un basamento o zócalo que apenas participa en la circulación subterránea de agua, la cual queda suspendida sobre él en el interior de las unidades estratigráficas postmiocenas.

Este comportamiento global es sensiblemente diverso en el ámbito de los ejes estructurales, en donde la fisuración secundaria inducida por la intrusión filoniana postmiocena ha incrementado sensiblemente el grado de permeabilidad, con independencia del tipo de roca afectado.

#### 4. FORMACIONES BRECHOIDES (MORTALON)

Son agupados aquí un conjunto de depósitos fragmentarios muy potentes y con estructura caótica, cuya posición estratigráfica es incierta al desconocerse, en general, en qué se apoyan. Espacialmente, parecen estar vinculados a las tres grandes depresiones gravitacionales de la Isla (Gúimar-Arafo, La Orotava y Las Cañadas-Valle de Icod), aunque también hay una brecha de características similares en el subsuelo del Macizo de Tigaiga.

##### 4.1. SECTOR OROTAVA-ICOD

Es la masa de mayor importancia volumétrica y espacial, descrita por Bravo (1962) con el nombre de "fanglomerado" o "mortalón". Se emplaza en el sector del subsuelo que está comprendido entre la pared oriental del valle de la Orotava y la pared occidental del valle de Icod. Por el N aflora en la franja litoral de Los Realejos, y hacia el centro de la Isla ha sido encontrada en casi todas las galerías emboquilladas por debajo de la cota 1000.

El espesor total es desconocido, pero llega a alcanzar algunos centenares de metros en ciertos puntos. Su superficie es un plano irregular, suavemente inclinado hacia el mar (6-8°), surcado por una red de drenaje poco desarrollada en donde suelen acumularse depósitos sedimentarios más recientes.

Esta formación detrítica está constituida por fragmentos muy heterométricos (hasta 1 m de diámetro) dispersos en una matriz arcillo-arenosa que se comporta de modo plástico ante esfuerzos prolongados. La estructura interna es habitualmente masiva, sin selección, gradación o estratificación; hacia el techo parecen existir niveles de granulometría más homogénea, generados probablemente por retrabajado postdeposicional de la masa principal.

La naturaleza de los fragmentos es muy variada, aunque predominan los basaltos y son frecuentes las rocas granudas de origen subvolcánico. Los clastos están siempre alterados y, en general, presentan aureolas concéntricas que reproducen la geometría original del fragmento, revelando de este modo que al menos una parte del proceso de alteración ha tenido lugar después del emplazamiento de la brecha. Esto induce a sospechar que el carácter arcilloso de la matriz es también postdeposicional, siendo más bien arenosa originalmente.

Bravo (1962) ha descrito grandes troncos de árboles carbonizados englobados en el depósito, troncos cuya superficie conserva los rasgos morfológicos originales hasta el punto de poder ser identificado su género (Lauráceas, Coníferas, Ericáceas). Este último detalle excluye la posibilidad de una carbonización de alta temperatura efectuada durante el transporte y la deposición (en un flujo piroclástico, por ejemplo), y apunta más bien a una transformación debida a enterramiento prolongado en ausencia de oxígeno, pero bajo condiciones térmicas normales.

Aunque ha sido repetidamente invocado un origen explosivo para esta formación, las características del depósito encajan mucho mejor en una génesis de tipo "debris-avalanche", tan frecuente en terrenos volcánicos (por ejemplo, Bandai-San, Japón, 1888, y St. Helens, USA, 1980): en una situación de inestabilidad gravitacional, una porción considerable de un edificio volcánico desliza en masa y, durante el movimiento, se fragmenta, tritura y entremezcla, dando lugar a una masa caótica de granulometría muy variable en donde la fracción fina procede de la pulverización de los fragmentos mayores a causa de las fricciones experimentadas durante el desplazamiento.

La importancia del mortalón sobrepasa sus dimensiones, relativamente modestas, dentro de la secuencia estratigráfica general, ya que:

a) Desde el punto de vista hidrogeológico es una unidad totalmente impermeable y muy continua en el sector septentrional de la Isla, donde conforma el antiguo fondo de dos importantes depresiones (La Orotava e Icod-La Guancha). Estas últimas están parcialmente rellenas por lavas jóvenes de gran conductividad hidráulica que se apoyan directamente sobre el mortalón, por lo que en el contacto entre ambas formaciones se verifica un fuerte contraste de permeabilidad. En consecuencia, las aguas subterráneas que proceden de la región de cumbres tienen una circulación vertical rápida dentro del paquete de lavas jóvenes y sólo son detenidas al llegar cerca del mortalón, después de lo cual se mueven en dirección al mar sobre la superficie inclinada de la brecha.

b) Desde el punto de vista de la captación de recursos constituye en la actualidad un límite insalvable para las perforaciones, que no pueden atravesarlo en su totalidad. En consecuencia, las reservas hídricas alojadas en los terrenos infrayacentes son, hoy por hoy, inalcanzables con el sistema de galerías. La razón estriba en su comportamiento plástico, que hace que se expanda lenta pero inconteniblemente como respuesta a la apertura del hueco de la galería, cuyo diámetro tiende a disminuir gradualmente con el tiempo aunque se utilicen archetes.

## 4.2. SECTOR GÜIMAR-ARAFO

En la vertiente sur de la Dorsal NE, en coincidencia con el valle Güimar-Arafo, existe en el subsuelo un depósito análogo al anterior en lo que se refiere a características texturales. En las cotas altas es relativamente delgado (40-60 m), discontinuo y, además, se encuentra en el ámbito del eje estructural, con su cortejo de diques y fisuras secundarias, todo lo cual resta trascendencia hidrogeológica a su presencia. En cotas más bajas es posible que alcance mayor desarrollo areal y vertical y que, por tanto, juegue un papel relevante en el sistema hidráulico de la depresión Güimar-Arafo; sin embargo, con la información disponible en este momento no es factible trazar un cuadro general ni tan siquiera aproximado.

## 5. SERIE BASALTICA II

### 5.1. RASGOS GENERALES

Esta serie, que en unión de la I es incluida a veces en una Serie Basáltica Antigua por falta de discordancias visibles en superficie, en el subsuelo está netamente separada de aquella por una superficie de erosión muy acentuada (Coello, 1973).

Su génesis está relacionada directamente con la reanudación de la actividad volcánica a finales del Plioceno, después del largo periodo de pausa en que fué desmantelado parcialmente el antiguo relieve de la Serie I. El carácter del magmatismo, en ocasiones similar al de esta última, permitió ya un cierto grado de diferenciación de los productos, que no se limitan exclusivamente a los tipos basálticos e incluyen también traquibasaltos y, tal vez, fonolitas.

Los afloramientos son relativamente escasos a causa del recubrimiento de formaciones más recientes, pero en profundidad se extiende en la totalidad del terreno conocido. Sus características composicionales y estructurales varían de unas zonas a otras, si bien dentro de cada una de ellas se mantienen los rasgos distintivos. El área con mayor información subterránea es la Dorsal NE, en donde además aflora extensamente, y a ella le siguen la Dorsal NO y algunas porciones del perímetro de Las Cañadas (entre Boca de Tauce y Mña. Chasogo, por ejemplo).

### 5.2. DORSAL NE

La Serie II tiene aquí una potencia de 600-700 m y está constituida por un apilamiento de coladas aa, en general muy porfídicas, y pahoehoe, sistemáticamente plagioclásicas. Las lavas se han acumulado en rápida sucesión, como queda eviden-

ciado por la ausencia de intercalaciones sedimentarias o de paleosuelos. Están inclinadas 5-10° hacia el mar en ambos lados de la Dorsal, con una disposición similar a un tejado a dos aguas.

Las intercalaciones piroclásticas son casi inexistentes cerca del mar, pero aumentan en volumen y frecuencia al acercarse al núcleo longitudinal de la Dorsal, lo que, unido a la presencia de diques, corrobora el carácter emisoro preferencial de esta última.

### 5.3. DORSAL NO

La potencia total de la Serie se desconoce al no haber intersectado las galerías el límite inferior, que es probablemente una discordancia erosiva en el contacto con la Serie I.

En contraste con la Dorsal NE, predominan las lavas aa, que además tienden a ser mucho menos porfídicas; su estructura parece ser también en tejado a doble agua.

### 5.4. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Esta formación es la principal protagonista del circuito hidráulico, ya que la mayor parte de las aguas subterráneas están contenidas en ella. Su comportamiento hidrogeológico, que dista de ser homogéneo, está controlado por los siguientes factores:

- a) Variaciones en el grado de intensidad de los procesos de alteración y compactación, los cuales tienden a reducir la permeabilidad primaria.
- b) Variaciones en el volumen relativo de piroclastos, tanto en la vertical como en la horizontal.
- c) Variaciones en las proporciones relativas de lavas de tipo aa y de tipo pahoehe dentro de la secuencia.
- d) Variaciones en el grado de intensidad con que ha sido afectada por la fracturación secundaria abierta, que tiende a incrementar el valor de la conductividad hidráulica.

En un mismo punto, el grado de compactación y alteración tiende a aumentar progresivamente hacia los niveles de base, es decir, cuanto más profundos y antiguos son los materiales. En puntos distintos, sin embargo, el grado de compactación depende mucho de la magnitud total de la montera, y esta influencia es particularmente perceptible en los sectores en que mayor espesor alcanzan las fonolitas de la Serie Cañadas.

La tendencia a la reducción de la permeabilidad a medida que aumenta la alteración y la compactación, no afecta del mismo modo a todos los elementos constituyentes:

- Las acumulaciones piroclásticas son las más sensibles, y aunque en los niveles estratigráficos altos conservan una buena proporción de huecos interconectados, en los bajos han pasado a ser totalmente impermeables.
- Las lavas aa, cuya permeabilidad primaria está vinculada esencialmente a las escorias de base y techo, reaccionan más lentamente que las anteriores. En las zonas de escasa montera tienen una conductividad hidráulica que pasa de moderada en el techo de la secuencia a baja en la base, pero cuando aquella es considerable, la conductividad es baja en el techo y muy baja o nula en la base.
- Las lavas pahoehoe tiene una resistencia mecánica mayor que las aa y soportan bien la compactación, de modo que, incluso ante cargas elevadas, siempre conservan un cierto volumen de huecos intercomunicados.

Todo lo anterior está modificado en el ámbito de los ejes estructurales, pues la fracturación abierta generalizada incrementa considerablemente la permeabilidad y atenúa las diferencias que existen tanto dentro de esta formación como en relación a las otras unidades estratigráficas.

En definitiva, son tantos los factores condicionantes que intervienen en su permeabilidad que es imposible hablar de un comportamiento hidrogeológico global de la Serie II a escala de la Isla y, de hecho, es la unidad que mayores diferencias presenta de una zona a otra. El único común denominador es la disminución de la conductividad de techo a muro, pero esta tendencia oscila entre términos extremos muy diversos que pueden ser esquematizados del siguiente modo:

- En algunos sectores de la Dorsal NE, la Serie II no está recubierta por formaciones posteriores (es decir, no tiene montera adicional) y, además, presenta un predominio de lavas pahoehoe, por lo que la permeabilidad es alta en el techo de la secuencia y moderada en los niveles más bajos.
- En algunos sectores de la periferia de Las Cañadas, la Serie II está recubierta por más de 500 m de lavas fonolíticas (es decir, gran montera adicional) y, además, presenta un predominio de lavas aa, por lo que la permeabilidad oscila entre valores bajos en el techo de la secuencia y nulos en los niveles medios e inferiores, que de este modo se incorporan al zócalo impermeable constituido por la Serie I.

Más en detalle, los alumbramientos que se producen en las galerías tienden a ser irregulares y discontinuos, dada la superposición e imbricación de materiales muy diversos. Pueden alternar así tramos muy productivos (en lavas pahoehoe, por ejemplo), estériles (horizontes compactos de lavas aa), o bien moderadamente productivos (horizontes escoriáceos de lavas aa), todo lo cual convierte la cuantificación de los parámetros hidrogeológicos globales en una tarea extremadamente ardua y difícil.

## 6. SERIE CAÑADAS

Es una formación integrada mayoritariamente por rocas de composición fonolítica, aunque incluye también intercalaciones traquibasálticas subordinadas. Su ámbito de dispersión es, sobre todo, la porción central y más elevada de la Isla, donde constituye un grueso apilamiento de espesor próximo a los 1000 m, conformado por lavas y piroclastos proximales en disposición alternante. También pertenecen a esta Serie las numerosas unidades de piroclastos sálicos de gran movilidad que se encuentran dispersas en toda la Isla y, más en particular, en el Sur.

Por su mayor viscosidad, el magma fonolítico origina productos que divergen totalmente de sus equivalentes basálticos y traquibasálticos. Las lavas no superan unos pocos kilómetros de longitud, pero son extremadamente gruesas (algunas decenas de metros) y compactas, estando limitadas en base y techo por brechas angulosas de escaso espesor y bajo porcentaje de huecos, con lo que la permeabilidad es, en general, muy baja. Los piroclastos son pumíticos, extremadamente porosos, y en sus facies proximales, es decir, cerca de los centros de emisión, constituyen acumulaciones potentes y de cierta dispersión areal; aunque la porosidad de la pómez es muy alta cuando joven, rápidamente se pierde por alteración y compactación, pues, por una parte, el vidrio fonolítico es inestable y no precisa tiempos largos para alterarse y, por otra, la resistencia mecánica de los fragmentos es muy baja, de modo que bastan cargas moderadas para eliminar sus poros.

En conjunto, pues, la Serie Cañadas tiene una permeabilidad baja/muy baja que disminuye, aún más, en la región de cumbres en que se agrupan los centros de emisión. La razón de esto último estriba, por una parte, en la presencia de una malla de pitones y diques, muy gruesos e impermeables y, por otra, en la alteración hidrotermal (tipo Azulejos) que afecta a este sector de intrusiones repetidas.



## 7. SERIES MODERNAS

### 7.1. SERIE TRAQUITICA Y TRAQUIBASALTICA

Agrupar un conjunto de lavas traquibasálticas, emitidas tanto en los segmentos medios de los ejes estructurales como en la región de convergencia, así como algunos domos traquíuticos aislados que prácticamente no juegan ningún papel en la circulación subterránea del agua. La edad de estos materiales es bastante reciente, probablemente sincrónica de la Serie Cañadas Superior y de la Serie Basáltica III.

Las lavas traquibasálticas son de tipo aa y presentan una alta proporción de escorias de base y techo (en torno al 50%). Se apilan para formar una secuencia poco potente en general, aunque en ocasiones supera el centenar de metros; la secuencia incluye numerosas intercalaciones piroclásticas y/o sedimentarias, por lo común almagrizadas.

Por ser relativamente jóvenes y por estar situadas cerca del techo de la secuencia estratigráfica general (ausencia de montera), sus caracteres morfoestructurales primarios apenas han sido modificados por alteración y compactación. En consecuencia, es una unidad altamente permeable, aunque con discontinuidades subhorizontales representadas por algunos de los niveles piroclásticos o sedimentarios almagrizados, de modo que son frecuentes los acuíferos colgados.

### 7.2. SERIE BASALTICA III

En unión de la Serie Basáltica IV, es la formación que mejor caracteriza la actividad de los ejes estructurales, en cuyo entorno se ha producido la mayor parte de las erupciones fisurales que la han generado.

Sus centros de emisión son conos de cinder con morfología poco retocada por la erosión, los cuales se agrupan en bandas longitudinales de algunos kilómetros de anchura que, a falta de información subterránea, ponen de manifiesto en superficie la posición aproximada de los ejes.

Al igual que la Serie precedente, esta unidad apenas ha sido afectada por la compactación y la alteración, de modo que sus materiales poseen una permeabilidad que varía entre moderada y muy alta. Salvo excepciones (valles de La Orotava y Güímar-Arafo), queda por encima de la zona saturada del sistema hidráulico, y su papel hidrogeológico se reduce a facilitar la recarga.

### 7.3. SERIES RECIENTES

Incluimos aquí los materiales emitidos en la Isla después

de la formación del anfiteatro de Las Cañadas y de su valle de salida.

El mayor desarrollo de esta Serie se verifica en el interior de la depresión de Las Cañadas, en donde conforma el voluminoso Complejo Teide-Pico Viejo, que es descrito con algún detalle al hablar de la Zona III. Esta formación comienza por un intenso volcanismo basáltico, pero más adelante pasa progresivamente a tipos más evolucionados, con traquibasaltos en la porción media de la secuencia y traquitas/fonolitas al final.

La actividad eruptiva no ha quedado restringida al centro de la Isla sino que también se ha extendido a las alas de los ejes estructurales, a través de los cuales han sido emitidos materiales poco diferenciados que constituyen la Serie Reciente Básica, de escasa importancia volumétrica.

Desde el punto de vista hidrogeológico, son terrenos extraordinariamente conductivos que facilitan la recarga. El Complejo Teide-Pico Viejo forma, además, el acuífero más importante de la Isla al rellenar una gran depresión abierta excavada en rocas de permeabilidad muy baja o nula.

ZONA I

## ZONA I

### 1. RASGOS GEOLOGICOS GENERALES

La Península de Teno, que ocupa el extremo NO de la Isla, es una abrupta región surcada por barrancos muy encajados de hasta 1000 m de profundidad y contorneada, asimismo, por un acantilado costero casi vertical cuya altura oscila entre 200 y 500 m.

La mayoría de los materiales que afloran en la Península pertenecen a la Serie Basáltica I; las formaciones postmiocenas sólo están representadas por media docena de centros de emisión de la Serie Basáltica III, de los que parten lavas fluidas que son canalizadas por el fondo de dos o tres barrancos hasta alcanzar el mar, donde forman la exigua plataforma costera de la Punta de Teno y la planicie litoral de Buenavista.

Hacia el E, los basaltos de la Serie I se sumergen bajo una cobertera casi continua de lavas recientes que comienza aproximadamente en la línea que une Puerto Santiago-Santiago del Teide-El Tanque; a partir de esta línea sólo quedan en superficie, y siempre cerca de la costa, algunas "ventanas" o "islotos" de Serie I que por el N terminan cerca de Garachico y por el S no van más allá de Puerto Alcalá.

La información de superficie queda parcialmente completada con la que puede recogerse en el subsuelo a través de las galerías que penetran en la Serie I bajo la cobertera postmiocena. El cuadro que se obtiene al integrar ambas líneas de datos es sensiblemente diverso del que se tenía anteriormente, basado únicamente en el análisis de la porción aflorante. Bajo este nuevo prisma, la zona de Teno corresponde esencialmente a un gran edificio volcánico singular que fue construido en un lapso de tiempo relativamente corto en donde la actividad emisiva tuvo carácter intenso y continuado; tal actividad generó un sistema propio de alimentación magmática que está representado por una triple familia de ejes estructurales convergentes, de jerarquía secundaria, desarrollado sobre uno de los ejes principales de la Isla, el NO (ver fig. 6, pag. 7).

### 2. SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

Prescindiendo de los escasos productos pertenecientes a la Serie III, el macizo de Teno está integrado por una sucesión aparentemente monótona de materiales basálticos que han sido atribuidos genéricamente a la Serie I, aunque su edad (6-7 millones de años) es bastante menor que la de Anaga.

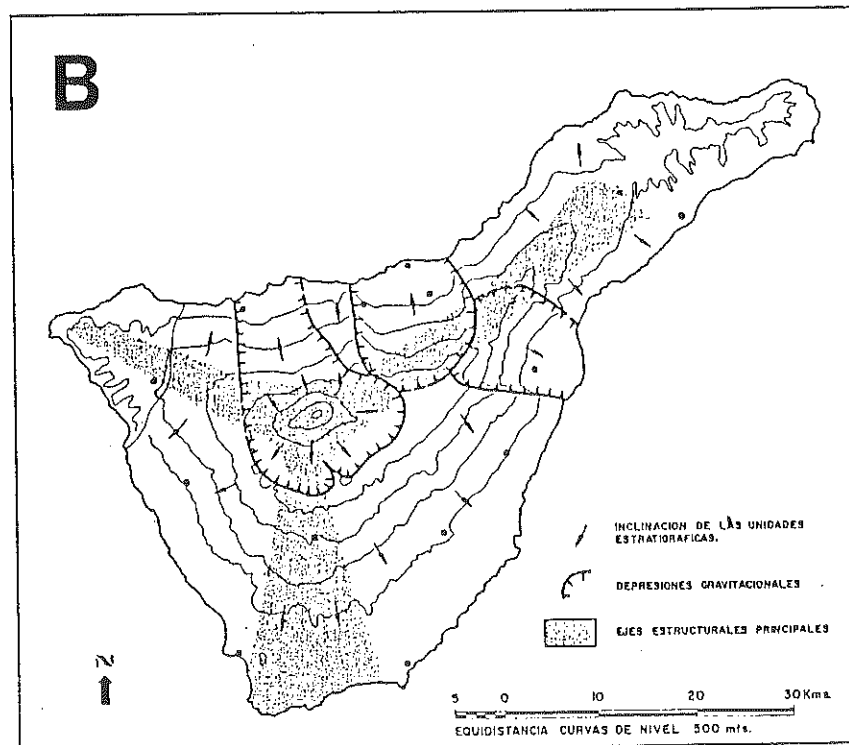
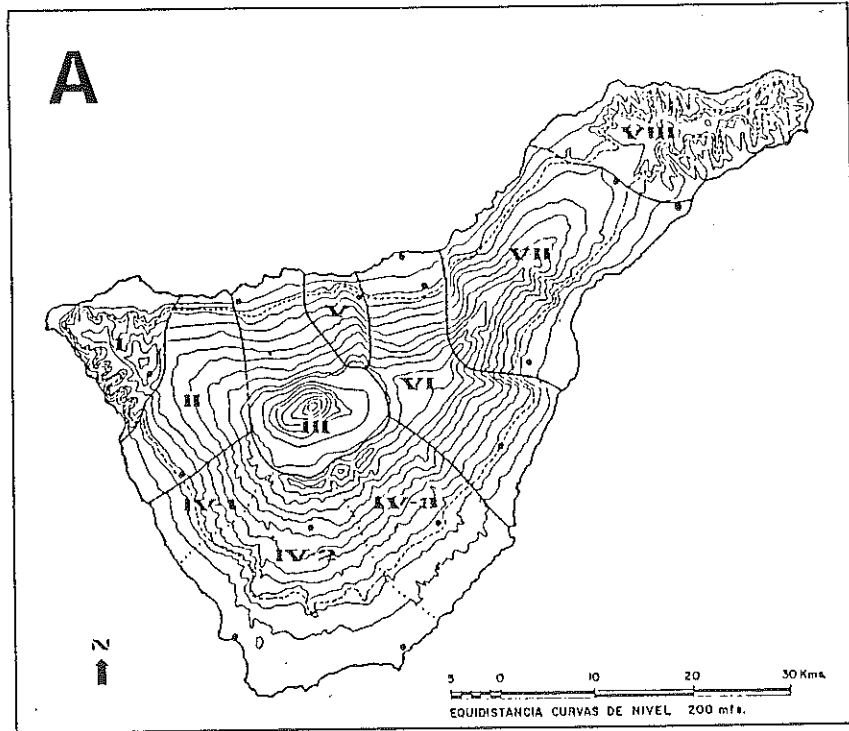


Fig.10.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

No hay ningún estudio de detalle de este macizo, aparte de la cartografía geológica a escala 1:50.000, y no se conocen, pues, las particularidades de la secuencia estratigráfica. Es posible que haya alguna discordancia erosiva más o menos general y que los materiales que aparecen en el fondo de los valles profundos pertenezcan a algún episodio eruptivo mucho más antiguo, similar en edad a la Península de Anaga, pues el grado de alteración que presentan es muy superior al de los niveles medios y alto de la secuencia.

Los dos últimos niveles mencionados forman un paquete de casi 1000 m de lavas de tipo aa y pahoehoe, con horizontes piroclásticos muy subordinados. Las lavas buzan hacia la periferia del macizo desde una porción central más elevada, situada aproximadamente en torno a la Mña. Picón, al NO de Santiago del Teide, en donde los materiales son sensiblemente horizontales. Esta zona central es también el punto de convergencia de los tres ejes estructurales secundarios que vertebran el relieve del edificio Teno.

### 3. COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Los niveles más bajos de la secuencia estratigráfica tienen un comportamiento hidrogeológico similar al Macizo de Anaga, es decir, los procesos secundarios de alteración y compactación han cerrado los huecos originales y el conjunto puede considerarse como un zócalo de permeabilidad muy baja o nula.

Los niveles superiores, en cambio, están integrados preferentemente por lavas pahoehoe que, dada su resistencia mecánica ante la compactación, conservan un volumen apreciable de huecos interconectados; su permeabilidad puede considerarse moderada/baja.

A esto hay que superponer la presencia de los ejes estructurales asociados al edificio Teno, los cuales conservan una cierta fracturación abierta que se manifiesta en fisuras secundarias y en diques diaclasados; estos elementos funcionan como drenes para el vaciado del agua contenida en los niveles de lavas pahoehoe.

### 4. EXPLORACIONES

Son relativamente numerosas, pero en su mayor parte tienen escasa longitud y pueden calificarse como galerías nacientes, ya que aprovechan pequeños acuíferos colgados o aguas de infiltración directa.

En el grupo anterior hay que incluir la galería Virgen de Los Remedios, que drena las aguas que circulan en las lavas

recientes del Valle del Palmar. Estas lavas rellenan un antiguo valle excavado en Serie I, con la cual tienen un fuerte contraste de permeabilidad; de este modo, el flujo subterráneo procedente de la infiltración en el área de cabecera viene canalizado por el fondo del antiguo valle.

Las captaciones que superan los 1500 m de longitud son apenas una decena, y la mitad de ellas alcanzan entre 2000 y 2600 m. Sus alumbramientos proceden del acuífero general y están relacionados con diques y fisuras secundarias, que en cada captación pertenecen a alguno de los tres ejes estructurales del edificio Teno. Los caudales alumbrados llegaron a superar los 100 l/s en algún caso, pero, como sucede con los alumbramientos de dique, disminuyeron rápidamente.

En todo este grupo de galerías largas no se ha reperforado durante los últimos años y no parece que en el futuro se modifique la situación de estancamiento. En consecuencia, la producción, que entre 1973 y 1979 descendió de unos 114 l/s a 65 l/s, seguirá descendiendo.

En las galerías nacientes, por el contrario, el caudal total obtenido tenderá a permanecer estabilizado, tal como reflejan los sucesivos inventarios, manteniéndose en torno a 30 l/s.



ZONA II

## ZONA II

### 1. MARCO GEOLOGICO

La zona II, que se extiende entre los relieves de Teno y el ámbito de Las Cañadas, está centrada en torno a la Dorsal topográfica NO de la Isla, que queda marcada en superficie por una banda de 3-4 km de anchura en donde se agrupa un gran número de conos de escorias. Estos conos, cuyo perfecto estado de conservación revela que son muy jóvenes, son sólo la manifestación externa más reciente de una prolongada actividad volcánica fisural que ha afectado a esta banda durante un periodo de tiempo dilatado, la cual, en realidad, es uno de los ejes estructurales principales de la Isla.

La información directa disponible sobre el subsuelo de la Dorsal NO es poco abundante, pues no son muchas las galerías que lo penetran y, además, quedan restringidas todas ellas al extremo occidental. Sin embargo, y por analogía con la Dorsal NE, cuya estructura es perfectamente conocida, es posible predecir que también aquí existe una densa malla de diques, de dirección preferente NO-SE, a la que, indudablemente, estará asociada una fracturación secundaria intensa.

Las lavas emitidas en el eje se han derramado siguiendo ambas vertientes y, con frecuencia, han alcanzado la línea de costa. Como los periodos entre erupción y erupción nunca han sido demasiado largos, la erosión no ha tenido tiempo de excavar los flancos de la Dorsal y, en consecuencia, no existen barrancos encajados. El relieve resultante tiene formas suaves y se asemeja a un domo achatado, cuya continuidad morfológica dentro de la zona únicamente queda rota en la vertiente norte por un acantilado costero de 300-400 m de altura. Esta morfología condiciona fuertemente la distribución de las captaciones, que, por una parte, sólo pueden ganar montera con perforaciones de gran longitud y, por otra, quedan casi siempre a una distancia excesiva del sector más productivo localizado en el núcleo de la Dorsal.

La monótona cobertura de lavas jóvenes que existe en superficie oculta una situación compleja en el subsuelo. La Serie I, al contrario de lo que sucede en la Dorsal NE (Zonas VI y VII), pierde altura hacia el centro de la Isla (ver corte A). Esto es debido a que el Macizo de Teno conforma un edificio volcánico de forma piramidal con vértice situado al NO de Santiago del Teide, por lo que la superficie de erosión que lo limita está inclinada periclinalmente desde el sector de cumbres. Tal estructura anómala explica el hecho, también anómalo, de que algunas galerías atraviesen terrenos progresivamente más jóvenes al ir avanzando, lo que modifica considerablemente la situación hidrogeológica.

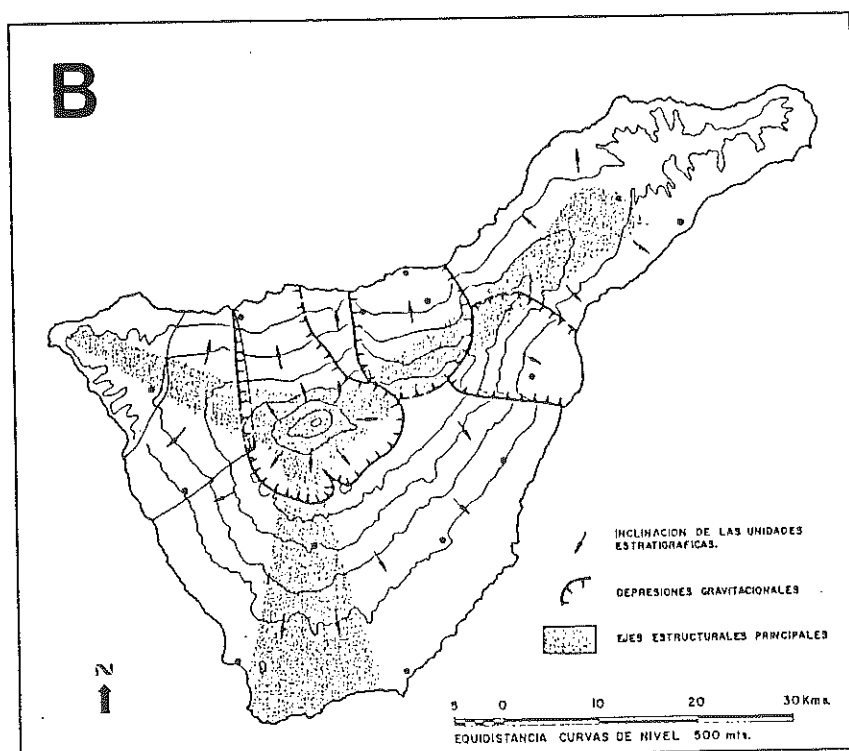
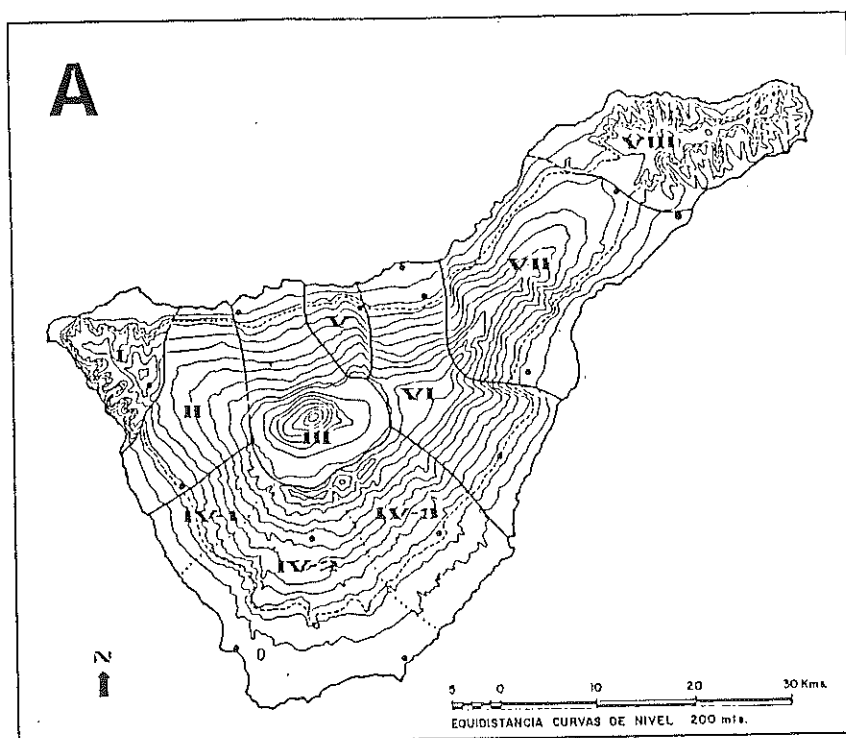


Fig.11.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

## 2. LIMITES

### 2.1. LIMITE ORIENTAL

La Zona II confina hacia el E con la III, que abarca Las Cañadas y el valle de Icod-La Guancha. La discontinuidad geológica y morfológica que da pie a la separación es la pared occidental de este último valle, que está bien definida en la proximidad del mar (acantilado Icod-El Amparo) y en el anfiteatro de Las Cañadas. Sin embargo, la conexión entre ambos sectores queda oculta por una potente acumulación de lavas muy recientes que impide conocer la traza de la pared en el subsuelo, que tampoco es intersectada transversalmente por ninguna galería. En consecuencia, y mientras no se disponga de más información, este límite es necesariamente impreciso.

Más al SE, el tránsito a la Zona IV no es fácil de señalar con precisión. Las diferencias geológicas, muy patentes en superficie al existir una cobertera de lavas recientes en la Zona II que no existe en la IV, están menos marcadas en el subsuelo. Hay, sin embargo, razones de otra índole que aconsejan el establecimiento de una división:

- En la Zona IV hay una elevada concentración de captaciones que han extraído gran parte de las reservas hídricas y que sólo pueden mantener o incrementar su producción entrando en el acuífero de Las Cañadas;
- En la Zona II, en cambio, el número de captaciones disminuye mucho y, además, tienen la perspectiva de alcanzar el subsuelo de la Dorsal NO, apenas tocado hasta el momento, en donde la elevada fracturación garantiza una producción considerable.

### 2.2. LIMITE OCCIDENTAL

La separación entre las formaciones antiguas del Macizo de Teno y los materiales más jóvenes de la Dorsal NO es muy clara en superficie y queda reflejada en los mapas geológicos existentes. En profundidad, la discontinuidad es una superficie de erosión irregular que se sumerge progresivamente hacia el E, por lo que galerías emboquilladas en el dominio de la Zona I (Teno) se adentran más tarde en formaciones recientes de la Dorsal. El límite entre ambas zonas no es, pues, un contacto vertical sino una superficie inclinada e irregular, difícil de definir y representar.

En el acantilado septentrional, entre Los Silos e Icod, es posible observar también la inmersión del Macizo de Teno hacia el O. Esta circunstancia no está reflejada en los mapas geológicos a escala 1:50.000, que atribuyen la totalidad del acantilado a la Serie Antigua; sin embargo, una investigación expeditiva llevada a cabo en el curso de este trabajo ha permitido perfilar el contacto y encontrar una explicación

geológica para los numerosos manantiales que existen o existían en el sector de pared comprendido entre Los Silos e Icod, que corresponden a acuíferos colgados dentro de la Serie Traquibasáltica Superior.

### 3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

El subsuelo de la Zona II es algo más complicado que lo que reflejan las fichas del inventario de galerías del Proyecto SPA-15. Dos factores contribuyen a que el cuadro actual supere en complejidad al que se puede reconstruir usando sólo las fichas mencionadas:

- Muchas captaciones han aumentado substancialmente su profundidad en los últimos 15 años, encontrando nuevos terrenos en su progresión.

- Algunas de las perforaciones pueden ser interpretadas ahora en modo diverso a como se hizo durante el SPA-15, lo que ilustra la subjetividad inherente al trabajo del geólogo.

Con los datos disponibles hoy día, la sucesión estratigráfica de la Zona II es la siguiente:

#### 3.1. SERIE BASALTICA I

Los únicos basaltos antiguos que afloran en superficie o que han sido intersectados hasta ahora por las galerías, pertenecen al gran edificio volcánico erosionado del Macizo de Teno, que por sí solo constituye la Zona I.

Sin embargo, y teniendo en cuenta la persistencia de los ejes estructurales principales a lo largo de la historia de la Isla, es muy probable que en el núcleo profundo de la Dorsal NO existan otros terrenos antiguos, contemporáneos o no del edificio de Teno, pero, al igual que éste, separados de formaciones más jóvenes (Serie II, etc.) por una importante discordancia erosiva. Esta conjetura se expone gráficamente en el corte geológico A.

La presunta existencia de este "basamento" tiene escasas implicaciones hidrogeológicas en el ámbito del núcleo del eje estructural NO, ya que las características primarias de las rocas quedan totalmente modificadas por la fisuración secundaria asociada al eje, y el conjunto es altamente permeable sea cual sea la antigüedad o el quimismo de los materiales afectados. Fuera del dominio del eje estructural, la Serie I constituirá un zócalo impermeable o al menos formará parte de él, ya que es posible que los niveles inferiores de la Serie II sean también muy poco permeables.

### 3.2. SERIE BASALTICA II

Aflora en superficie en la parte baja del acantilado de Icod, y en el subsuelo es intersectada por numerosas galerías en la parte central de la zona (Hoya de Los Cardos, Los Mayatos, Salto de Las Palomas, Las Higuieritas, etc.). Su límite inferior no parece haber sido alcanzado todavía por las perforaciones; en cuanto al superior, en la parte central es la Serie Traquibasáltica Superior, pero más cerca de Las Cañadas es el paquete de lavas fonolíticas. El espesor estimado de esta formación, aunque variable, parece superar los 400-500 m.

En el ámbito visible o aflorante, está constituida por numerosas lavas aa cuyas escorias poseen un grado de compactación que oscila entre moderado y fuerte, lo que determina que también sea variable la capacidad de almacenamiento y la permeabilidad.

Una ambigüedad que no ha podido ser resuelta en las galerías visitadas es la relación espacio-temporal entre los materiales descritos anteriormente y la potente formación, de quimismo algo más evolucionado, que se localiza bajo la secuencia fonolítica en la periferia de Las Cañadas, entre Boca de Tauce y Mña. de Chasogo (Serie Traquibasáltica II); estos últimos materiales, entre los que predominan basaltos muy plagioclásicos y basaltos/traquibasaltos afíricos, parecen encontrarse en la misma posición estratigráfica que la Serie II del resto de la zona, pero a diferencia de ésta su centro o centros de emisión no se emplazan sobre el eje estructural NO sino sobre una posición más central, en el ámbito que hoy ocupa la depresión de Las Cañadas. Por esta razón, ambos grupos litológicos podrían estar imbricados, habiéndose emitido durante el mismo ciclo de actividad; en este caso, las diferencias en el quimismo tendrían su origen en las variaciones posicionales dentro del sistema de ejes: mientras que la Serie II basáltica se habría emitido esencialmente a lo largo del eje NO, la Serie II traquibasáltica correspondería más bien a un aparato de tendencia central que ocuparía la intersección del sistema de ejes.

#### 3.2.1. Características Hidrogeológicas

El comportamiento hidrogeológico de los materiales que integran esta formación dista de ser homogéneo. Por una parte, son considerables las diferencias en el grado de compactación de los diversos niveles, ya que es fuerte la potencia de la serie y desigual el espesor del recubrimiento por parte de terrenos más jóvenes; obviamente, los materiales tienden a perder permeabilidad y capacidad de almacenamiento cuanto más profundos se encuentran dentro de la Serie y, más en general, cuanto mayor y más prolongado sea su recubrimiento. Por otra, hay una dependencia de la naturaleza de los huecos primarios: mientras que los niveles de escorias experimentan una fácil



reducción de su volumen primario, no ocurre lo mismo con los huecos de las lavas pahoehoe, más rígidas, que apenas experimentan reducción aún bajo cargas de confinamiento elevadas.

De las observaciones en galerías, y siempre que la permeabilidad primaria no esté modificada por fisuración secundaria, se desprende que la parte alta de la secuencia tiene permeabilidad moderada-alta (Buen Viaje, p.e.), mientras que en segmentos más próximos a la base la permeabilidad tiende a disminuir (caso de Caforiño) e incluso es nula (Los Guinderos, parte profunda de Los Mayatos y Hoya de Los Cardos). En ocasiones se halla permeabilidad incluso en horizontes profundos (caso de Hoya de la Leña), pero estos alumbramientos corresponden sistemáticamente a lavas pahoehoe; en este tipo de galerías es característica la alternancia de tramos productivos, al intersectar este último tipo de lavas, y tramos estériles que se asocian a lavas aa con las escorias compactadas.

### 3.3. SERIE TRAQUIBASALTICA SUPERIOR

Aunque emitida con anterioridad a la formación de Las Cañadas y de su valle de salida, es una formación joven apenas alterada y compactada, que conserva en alto grado sus caracteres primarios.

Está formada esencialmente por rocas de quimismo intermedio (traquibasaltos), aunque presenta algunas intercalaciones más básicas (basaltos) y más ácidas (fonolitas/traquitas). Predominan las lavas aa con fuerte proporción de escorias (>40% en volumen) que, al no estar modificadas por procesos secundarios, confieren a esta formación una elevada permeabilidad primaria.

Su presencia actual en la zona saturada no parece importante, al menos en la franja periférica de la zona, que es donde se localizan la mayoría de las perforaciones; en efecto, las galerías ya han drenado el agua contenida en ella y se encuentran ahora en niveles estratigráficos más profundos. Cabe la posibilidad, sin embargo, de que en algún sector inexplorado más próximo a Las Cañadas todavía forme parte del acuífero.

Son frecuentes las intercalaciones de material fragmentario (piroclastos y/o sedimentos), y en ocasiones poseen una considerable dispersión lateral; suelen tener su parte alta transformada en suelo y almacenada por las lavas posteriores. Algunos de estos horizontes, sin duda los más extensos y/o de matriz más fina, son fuertemente impermeables y constituyen discontinuidades subhorizontales de permeabilidad sobre la que se instalan acuíferos colgados. Como ya se ha indicado, estos acuíferos colgados son mucho más frecuentes en la parte septentrional, en donde tanto lavas como horizontes fragmentarios están buzando ligeramente hacia el mar. Una situación parti-

cularmente favorable es la que se encuentra en el acantilado costero, entre Garachico y el caserío El Guincho; aquí, la Serie Traquibasáltica Superior ocupa un antiguo valle excavado entre la Serie I de Teno y la Serie II del escarpe de Icod, por lo que los horizontes fragmentarios impermeables tienen una configuración cóncava, que favorece la acumulación del agua subterránea, inclinada hacia el mar. La interrupción de estos horizontes en el acantilado costero, da lugar, inevitablemente, a la generación de los numerosos manantiales del sector (Fuentes de la Viña, Ftes. del Guincho, Ftes. de San Nicolas, Aguas Bajas, etc.); es posible, incluso, que algunos manantiales estén ocultos bajo la delgada costra de lavas muy jóvenes que se descuelgan por el acantilado, determinando un flujo de agua subterránea en la superficie de separación acantilado/lavas jóvenes, el cual se pierde en el mar si antes no es interceptado por alguna perforación (la galería Volcán Poniente parece captar parcialmente este flujo subsuperficial)

### 3.4. SERIES RECIENTES

Se agrupan aquí las lavas más jóvenes (incluso históricas) emitidas en el eje estructural, las cuales están asociadas a una banda de conos piroclásticos que se extiende entre Teno y Pico Viejo, marcando de ese modo en superficie la posición del eje. Ocupan más del 90% de la superficie de la zona, y su extremada juventud determina que la erosión no haya tenido tiempo de modificar los rasgos morfológicos externos (malpaíses); en consecuencia, la escorrentía es nula y la evapotranspiración muy reducida.

Por su escaso espesor, esta formación se encuentra siempre por encima del espesor saturado. Su único papel en el ciclo hidrológico es, como se mencionaba anteriormente, el de perfecto colector de las aguas de lluvia, lo que posibilita una infiltración absolutamente eficaz. Este hecho, asociado a la presencia de horizontes fragmentarios impermeables dentro de la Serie Traquibasáltica Superior y a la elevada pluviosidad de la porción septentrional de la zona, explica la importancia que en esta última tienen los acuíferos colgados.

## 4. SITUACION HIDROGEOLOGICA

### 4.1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Fuera del dominio del eje estructural, la Zona II tiene una estructura "en capas", suavemente inclinadas hacia el mar en ambas vertientes y cuyo comportamiento hidrogeológico está relacionado con la posición estratigráfica:

- Serie I: fuertemente compactada y alterada, con permeabilidad muy baja o nula, salvo en algunos sectores en que predominan las lavas pahoehoe.

- Serie II: de comportamiento hidráulico poco regular a causa de diferencias verticales y laterales tanto en el grado de compactación como en la proporción relativa de lavas pahoehoe (muy conductivas) y aa; el grado de compactación tiende a aumentar con la profundidad y, paralelamente, la permeabilidad oscila entre moderada en el techo y baja (o incluso nula) en la mitad inferior de la formación.

- Serie Traquibasáltica superior y Series Recientes: son formaciones muy conductivas a causa del bajo grado de compactación que han experimentado.

El sistema hidráulico está constituido, pues, por 1) un zócalo impermeable del que forman parte casi toda la Serie I y algunos niveles de la Serie II, de espesor variable de un punto a otro, 2) el acuífero, muy heterogéneo, que se aloja fundamentalmente en los niveles medios y altos de la Serie II y en la Serie Traquibasáltica superior y, finalmente, 3) la zona de circulación libre, integrada por formaciones muy diversas según el sector que se considere (desde Serie II hasta Series Recientes).

#### 4.2. INFLUENCIA DEL EJE ESTRUCTURAL NO

Aunque son pocas las galerías que alcanzan esta franja, y sólo en el extremo más próximo al Macizo de Teno, la presencia en profundidad de esta importante estructura está avalada por la gran concentración de conos que hay en superficie, los cuales corresponden a erupciones fisurales que se alinean con la directriz general del eje.

Según esto, y por analogía con la Dorsal NE (Zonas VI y VII), el modelo "en capas" impuesto por la estratigrafía, de permeabilidad decreciente con la profundidad, está interrumpido en la franja central axial de orientación NO-SE, en donde la persistente intrusión filoniana ha debido ocasionar una importante fracturación secundaria que se manifiesta por la presencia de grandes fisuras abiertas, diques fracturados y una rotura generalizada de los materiales.

Tanto los diques como las grandes fisuras tienden a seguir la directriz del eje, y su frecuencia disminuye progresivamente hacia ambos lados; de este modo, la conductividad es máxima en el núcleo y se atenúa al alejarse de él.

Por otra parte, no todos los diques están fracturados. Una importante proporción de ellos no ha experimentado modificaciones en sus características primarias y se comportan como barreras de permeabilidad baja o nula que obstaculizan el flujo horizontal del agua en sentido cumbre-mar.

En longitud, el eje estructural NO no está confinado exclusivamente a la Zona II. La prosecución de la banda de conos recientes en dirección a Pico Viejo, ya dentro del anfiteatro de Las Cañadas, sugiere una continuación similar de las estructuras profundas, estableciéndose de este modo una amplia franja de intercomunicación hidráulica entre las Zonas II y III.

En el otro extremo de la zona, en el tránsito a la Zona I, la actividad volcánica reciente se atenúa considerablemente, y ya en pleno Macizo de Teno sólo aparecen algunos aparatos recientes, por lo demás muy dispersos. Es muy probable que exista una disminución paralela del grado de fracturación secundaria, lo que no excluye una cierta intercomunicación favorecida por la presencia de antiguas fracturas abiertas en el sistema de ejes estructurales asociados al Edificio de Teno.

## 5. RECARGA

### 5.1. RECARGA DIRECTA

La totalidad de la zona está cubierta en superficie por acumulaciones piroclásticas incoherentes y por lavas recientes que conservan su áspera morfología original (malpaíses). La escorrentía es nula en ambos tipos de terrenos y se verifica un paso rápido del agua meteórica a los niveles profundos, fuera del alcance del sistema vegetal, de modo que la infiltración resulta totalmente eficaz.

La pluviometría alcanza valores máximos en la franja central de cumbres (500 mm), en donde la fracturación secundaria asociada al eje garantiza una elevada permeabilidad vertical y permite la recarga de la porción principal del acuífero.

Valores similares de la precipitación, e incluso más altos, se dan en la vertiente norte, aunque en este caso la presencia de frecuentes horizontes impermeables (almagres, porciones compactas de coladas, etc.) obstaculiza la llegada del agua hasta niveles profundos y favorece la implantación de acuíferos colgados.

En la vertiente Sur, por el contrario, la pluviosidad es muy escasa (100-300 mm) y el agua subterránea está asociada, en su mayor parte, al flujo que procede de la franja central de cumbres. Aunque la secuencia estratigráfica es similar a la de la vertiente norte, los acuíferos colgados son raros.

### 5.2. RECARGA INDIRECTA

La intercomunicación hidráulica entre esta zona y la de Las Cañadas a través del eje estructural NO, significa que

puede llegar un flujo de agua constante desde el reservorio de esta última, ya que el nivel freático se encuentra a mayor altura en la porción central de la Isla (Braojos, 1988). Con la información existente no es posible conocer, ni siquiera de modo aproximado, los volúmenes transferidos.

## 6. FLUJO DEL AGUA

En la circulación subterránea que se verifica en la Zona II parecen interaccionar dos sistemas superpuestos (ver corte hidrogeológico B), cuyo funcionamiento puede ser esquematizado del siguiente modo:

- Un sistema epidérmico, de difusión relativamente rápida, en donde el agua circula por niveles estratigráficos altos (Serie Traquibasáltica superior, techo de la Serie II), cuya permeabilidad primaria es moderada-alta. El sentido de circulación diverge lateralmente hacia el mar desde las porciones más elevadas del domo hidráulico (ver Fig. 4.2.1 en Braojos, 1988) y el agua reside corto tiempo en el subsuelo, apenas obstaculizado su flujo por algunos diques, de modo que la cantidad de sales disueltas es baja. La infiltración de agua meteórica juega un papel relevante en la alimentación de este conjunto.

- Un sistema profundo, de difusión lenta, asociado a la fracturación secundaria del eje estructural. El movimiento lateral del agua hacia el mar está seriamente obstaculizado tanto por las formaciones colindantes no fracturadas, cuya permeabilidad oscila entre baja y nula, como por aquellos diques "enteros" que actúan como barreras verticales. La difusión longitudinal a lo largo del eje (de SE a NO) debía ser lenta antes de que comenzaran las extracciones, a causa de la fuerte disminución de la fracturación secundaria cuando el eje entra en el Macizo de Teno; ahora, sin embargo, el alumbramiento de aguas por parte de algunas galerías del extremo occidental (El Cubo, San Fernando, etc.) debe haber acelerado el movimiento. Este sistema puede actuar, en cierto modo, como una franja de acumulación de reservas, si bien el agua contiene gran proporción de sales disueltas (es decir, mala calidad) debido a: 1) el largo tiempo de residencia en el subsuelo, y 2) el aporte de CO<sub>2</sub> de origen magmático que asciende por las fisuras secundarias, el cual confiere agresividad al agua.

## 7. CAPTACIONES EXISTENTES

El número de perforaciones es de unas cincuenta aproximadamente, cantidad poco elevada si se compara con la que existe en la Dorsal NE (Zonas VI y VII). La razón de ello estriba

esencialmente en la configuración del relieve, que, con excepción del acantilado costero septentrional y de los valles contiguos del Macizo de Teno, no favorece el emplazamiento de galerías; en efecto, las suaves pendientes impiden ganar montera con rapidez y dilatan considerablemente la longitud a perforar hasta entrar en contacto con el núcleo productivo de la Dorsal, lo que hasta el momento sólo ha sido logrado por un reducido número de captaciones.

Como consecuencia de los factores topográficos antes mencionados, el conjunto de las galerías tiene una distribución radial, dirigida hacia un área de cumbres que se localiza sobre el eje estructural y cerca del límite con Las Cañadas. Como, además, las cotas de emboquillamiento son relativamente bajas (por debajo de la cota 1000, en general), de todo ello resulta la existencia de un amplio sector central que todavía no ha sido afectado por las perforaciones (ver mapa Ref. 3.1).

La historia de los alumbramientos es muy variable de un grupo de galerías a otro, incluso aunque estén ubicados en posición contigua. Esta diversidad es debida a los siguientes factores:

- a) Heterogeneidad en el comportamiento hidrogeológico de la Serie II, que es la formación más importante del acuífero.
- b) Discontinuidad en el subsuelo de la Serie I de Teno.
- c) Presencia de paleorelieves anómalos que complican el modelo "en capas" y favorecen la existencia de acuíferos colgados caudalosos.
- d) Variaciones en la distancia que separa el dominio del eje estructural de las posiciones de emboquillamiento, ya que, en tanto que las del extremo occidental se hallan cerca del eje, el resto debe recorrer largas distancias para alcanzarlo.

Ante la imposibilidad de elaborar una síntesis global que incluya todas las galerías, la descripción se hará por grupos.

### 7.1. GRUPO 1

Es el localizado en torno al acantilado de Icod y está integrado por las galerías Caforiño, Canuto, Los Guinderos, Encanto Mirabal y El Bucarón.

Los materiales atravesados son basaltos y traquibasaltos recientes al comienzo de la perforación, y después se entra en Serie II, aunque no está establecida esta distinción en el inventario del SPA-15.

Casi todas las captaciones encuentran uno o varios acuíferos colgados en los primeros 500 m, emplazados sobre paleosuelos intercalados entre las formaciones recientes. Los caudales suelen ser muy escasos, pero la fuerte influencia estacional hace posible que algunos de ellos alcancen hasta 10 l/s después de los periodos de lluvias.

La superficie freática es intersectada de capa entre los 1200 y 2000 m, probablemente dentro de la Serie II; los caudales iniciales son de unos 10 l/s por término medio. Sólo en un caso (Los Guinderos) se menciona un dique al dar el primer agua, con un caudal inicial de casi 150 l/s que duró unos pocos meses sóloamente.

Después de encontrar el primer agua, la superficie freática se va retrasando gradualmente y hay que reperforar para mantener el mismo nivel de extracción. El avance se realiza a través de un acuífero muy heterogéneo y los alumbramientos sufren fuertes fluctuaciones que dependen del material encontrado: producción relativamente buena en las escorias de base y techo de las lavas y producción muy escasa o nula en los niveles compactos de las coladas.

La progresión tiene lugar en niveles estratigráficos cada vez más profundos y compactados y, por tanto, la permeabilidad decrece paulatinamente, con el consiguiente aumento de la temperatura del subsuelo; puede considerarse que, en la actualidad, ya han alcanzado el zócalo impermeable. La baja producción obtenida por este conjunto de galerías ha determinado, probablemente, que todas ellas hayan suspendido los trabajos en los últimos 10 años.

El caudal total obtenido fue de unos 37 l/s en 1973, 29 en 1980 y 18 en 1985. Esta tendencia regresiva persistirá en el futuro. La única posibilidad de incrementar la producción reside en llegar al núcleo productivo de la Dorsal, para lo cual habría que avanzar al menos 2-3 km dentro del zócalo.

## 7.2. GRUPO 2

Este pequeño grupo está emboquillado sobre el acantilado costero septentrional, en los alrededores de El Tanque. Lo integran las captaciones Río Guadalupe, La Cerca, Amadelfa, Las Higuieritas (o Jordana) y Buen Viaje, cuyas longitudes actuales están comprendidas entre 2400 y 3400 m.

La situación geológica es muy particular, ya que la Serie Traquibasáltica superior rellena una antigua vaguada localizada entre la Serie II del acantilado de Icod, al E, y el paleorelieve subterráneo de la Serie I de Teno, al O. La gran potencia que adquieren aquí los traquibasaltos, que de hecho llegan a ocupar la totalidad del acantilado costero, hace que



pasen a formar parte del acuífero, y su gran permeabilidad determina que el volumen de agua almacenado sea (o haya sido) muy considerable.

Las galerías atraviesan un tramo inicial, en la zona no saturada, que oscila entre 500-700 m en las primeras galerías (años 50), y 1750 m en la más reciente (Buen Viaje, años 70). En este tramo suele haber algunos acuíferos colgados sometidos a fluctuaciones estacionales, con un caudal máximo de 10 l/s (La Cerca).

La intersección de la superficie freática se realiza de capa y dentro de la Serie Traquibasáltica, con caudales que varían entre algunas unidades y una o dos decenas de l/s.

Ante las extracciones, la superficie freática retrocede y hay que reperfurar. Aunque la historia recogida en el inventario del SPA-15 es incompleta, a modo de orientación puede mencionarse La Amadelfa y Buen Viaje. En la primera, el retroceso horizontal entre 1955 y 1973 fué de unos 100 m/año; en la segunda, en la década 78-88 ha experimentado un retirada media de 50 m/año.

Después del primer agua, los nuevos alumbramientos se realizan de forma algo discontinua, ya que en los terrenos atravesados alternan niveles escoriáceos (productivos) y niveles compactos de coladas (estériles o poco productivos). Los caudales varían entre una y tres decenas de l/s, pero en una de las captaciones (Buen Viaje) se ha llegado en la actualidad hasta 130 l/s sin intervención de diques que actúen como barreras, aunque hay que advertir que la penetración de la galería dentro de la zona saturada es anormalmente alta (200 m).

Dentro de la Serie Traquibasáltica, la progresiva retirada del agua hacia el frente va dejando en la zona libre algunos alumbramientos más persistentes que, en realidad, corresponden a acuíferos colgados sobre almogres particularmente extensos y potentes.

Al avanzar más se entra en la Serie II, que está a profundidades variables entre 2100 y 2700 m. Los niveles superiores tienen buena permeabilidad, pero en los niveles medios e inferiores hay una sensible reducción del volumen de huecos interconectados, y la conductividad llega a hacerse nula, como en el tramo frontal de Las Higuieritas, que puede considerarse zócalo impermeable.

La llegada a este zócalo, que con la información existente sólo puede ser definido en el caso de Las Higuieritas, marca el final de la primera etapa extractiva, en la que es captado el acuífero epidérmico. La siguiente tendrá lugar cuando, superado el zócalo de permeabilidad primaria nula o muy baja, se llegue al núcleo productivo de la Dorsal, caracterizado por

la presencia de diques y fisuras secundarias.

### 7.3. GRUPO 3

Son galerías de cota baja (entre los 200 y los 400 m) que para ganar montera han utilizado la favorable topografía del acantilado costero septentrional, entre Garachico y Los Silos. Incluye las siguientes captaciones: Volcán Poniente, Cueva del Gallo, Los Laureles, Salto de Las Palomas, Los Mayatos, Gran Premio, La Luz de Los Silos y La Codiciada.

Sus longitudes son considerables, ya que, salvo dos captaciones aparentemente paradas (Volcán Poniente y La Cueva del Gallo), supera ampliamente los 3 km y, en dos casos, los 4 km. El intervalo espacial entre las trazas es demasiado estrecho y existen interferencias recíprocas en los alumbramientos.

Atraviesan los niveles de la Serie I de Teno, que, aun siendo basaltos antiguos, tienen una permeabilidad moderada a causa de la elevada proporción de lavas pahoehoe, menos sensibles a la compactación que las aa. Lo más trascendente es que el paquete de lavas está cortado por una densa red filoniana perteneciente al eje secundario NE de Teno, la cual actúa como barrera múltiple que frena el flujo horizontal del agua y eleva considerablemente la superficie freática, de modo que fué considerable la cantidad inicial de reservas alojadas en esta porción del subsuelo.

La explotación del acuífero comenzó a principios de los años 50, y desde entonces ha sido extraído un volumen de agua que puede estimarse en 400 ó 500 hm<sup>3</sup>; como consecuencia, y ante la falta de compensación por recarga, la superficie freática ha experimentado un fuerte abatimiento (ver mapa de isopiezas, Braojos, 1988). La producción fué máxima en los años 60 y primera mitad de los 70 y, así por ejemplo, en 1973 se estaba extrayendo un total medio de 490 l/s en el conjunto de las 8 captaciones.

Desde entonces, la producción ha disminuído sensiblemente. En 1979, a pesar de que cada galería había perforado una media de 270 m (34 m/año), el volumen de extracciones había bajado a la mitad (250 l/s); ulteriormente ha descendido a 215 l/s (1985), de los que 145 proviene ya de otro sector del acuífero (el eje estructural principal NO)

En la actualidad, este grupo parece encontrarse en una fase de transición. En efecto, puede considerarse que la mayor parte de las captaciones ya han atavesado la franja correspondiente al eje NE de Teno, de gran espesor de zona saturada a causa de la red filoniana, y que han entrado, o están a punto de hacerlo, en terrenos más jóvenes (Serie II) pero no por ello más permeables, ya que predominan las lavas aa fuertemente compactadas. Sin embargo, y dependiendo de la posición

espacial, comienza a notarse una fracturación secundaria inducida por la actividad del eje NO, lo cual se irá acentuando a medida que progrese la perforación.

Esta situación está bien ilustrada por Salto de Las Palomas, cuya producción la obtiene en Serie II afectada por la fisuración secundaria del eje NO, con un caudal muy sostenido de unos 145 l/s que se mantiene desde hace varios años. Los Laureles, que está muy cerca de la anterior, no alumbraba agua por encontrarse unos 150 m más alta, es decir, en la porción deprimida por Salto de Las Palomas.

En definitiva, el futuro de este grupo reside en la explotación del subsuelo de la Dorsal NO. No obstante, por estar excesivamente próximas las trazas y por haber grandes diferencias de las distancias que separan de la Dorsal a cada uno de los frentes, lo más probable es que la explotación sólo sea eficaz en dos o tres de las ocho que integran el grupo, pues las restantes quedarán retrasadas y atravesarán terrenos drenados previamente por las mejor situadas.

#### 7.4. GRUPO 4

Está integrado por las galerías Las Lajas, El Cubo, Cuevas Negras, Río de Erjos, San Fernando, El Señor del Valle, Salto del Guanche, Honduras de Luchón, Cerca de la Fortuna y Lucky. Las longitudes perforadas oscilan entre unos 3000 m y 5500 m (El Cubo), y las cotas de emboquillamiento más frecuentes se sitúan entre los 700 y los 1500 m aproximadamente.

Este grupo tiene ciertas analogías con el anterior, ya que también está emboquillado en Serie I de Teno, aunque a cotas sensiblemente más altas, y las trazas se dirigen hacia el área de cumbres situada cerca de Las Cañadas. Al seguir este rumbo, y teniendo en cuenta que el límite superior de la Serie I es una superficie inclinada hacia el E, en algún momento de la perforación se pasa a formaciones más jóvenes (Serie II, Serie Traquibasáltica Superior), lo que modifica la situación hidrogeológica de los alumbramientos.

El cambio de terrenos antiguos a terrenos jóvenes, no siempre reconocible fácilmente, sólo está registrado en una galería (San Fernando) en las fichas del SPA-15, pero se verifica al menos en otra (El Cubo) que ha sido visitada durante la presente investigación. Como la superficie que separa la Serie I de los terrenos más recientes es una discordancia erosiva irregular, sobre la información recogida en 1973 no es posible conocer en qué terrenos se encuentran ahora las captaciones y mucho menos predecir los cambios que se verificarán en el futuro. Esto ilustra la necesidad de actualizar la información geológica e hidrogeológica.

Por otra parte, en las galerías bien conocidas (San

Fernando y El Cubo) es claramente perceptible que la situación hidrogeológica no sólo está influida por la transición a terrenos más jóvenes sino también por el eje estructural NO, que acentúa la permeabilidad a causa de la fisuración secundaria a él asociada. Estas dos galerías, que son las que más han avanzado en el núcleo del eje, son también precisamente, las que mayores caudales extraen en el presente año (San Fernando, 57 l/s; El Cubo, 26 l/s).

#### 7.5. GRUPO 5

Lo integran seis galerías situadas en la vertiente meridional de la zona: Arguayo o El Mollero, La Piedrita, Los Mayatos, La Fife, Hoya de los Cardos y San Juan de Chio. Las longitudes perforadas oscilan entre 3000 y 4000 m aproximadamente, con cotas comprendidas entre 750 y 1300 m.

Este conjunto, emboquillado todo él en terrenos jóvenes, guarda cierta analogía con los grupos 1 y 2, de los que es simétrico con respecto a la Dorsal NO. Al igual que en ellos, los materiales atravesados en los tramos iniciales son basaltos y traquibasaltos modernos, y a continuación se penetra en la Serie II, que puede tener algunos diques en las galerías más próximas al núcleo de la Dorsal.

De las seis captaciones, sólo dos han encontrado acuíferos colgados en los tramos iniciales, dentro de los materiales recientes. Estos niveles son muy poco importantes y, como es habitual, están sometidos a influencias estacionales. La escasez de aguas colgadas en la vertiente meridional, que contrasta con la abundancia existente en la vertiente opuesta, obedece a razones climáticas: por una parte deriva de la escasez de precipitaciones, y por otra refleja el poco desarrollo de los almagres en un ambiente seco.

La superficie freática fue intersectada en las galerías más antiguas (Los Mayatos y Hoya de Los Cardos) a una profundidad de 1500-2000 m, con caudales iniciales de unos 100 l/s aproximadamente; la zona saturada se encontraba situada geológicamente en los niveles más bajos de la Serie Traquibasáltica y en la parte superior de la Serie II. Las galerías más recientes (Arguayo, La Piedrita y San Juan de Chio) han necesitado alrededor de 3000 m para alcanzar el acuífero, lo que se ha producido en los últimos 10 años; las circunstancias geológicas de estos alumbramientos se desconocen por el momento, aunque parece probable que se trate de aguas alojadas en la Serie II. Tanto en las perforaciones antiguas como en las recientes, la superficie freática siempre fue intersectada de capa.

En las galerías mejor conocidas y más profundas (Los Mayatos y Hoya de Los Cardos), el caudal inicial fué disminuyendo a medida que la superficie freática se retiraba hacia

el frente, por lo que hubo que reperforar. Sin embargo, el sostenimiento de la producción por el sistema de penetrar más y más en la zona saturada no pudo ser mantenido indefinidamente, ya que a partir de cierta profundidad (variable entre 2200 y 2700 m), la Serie II está excesivamente compactada y pasa a ser impermeable, circunstancia que coincide con un aumento de la temperatura del subsuelo. De este modo, aunque las perforaciones han proseguido en ambas galerías hasta alcanzar los 4 km de longitud aproximada, por el momento no se han logrado nuevos alumbramientos, y los ya existentes han mermado considerablemente.

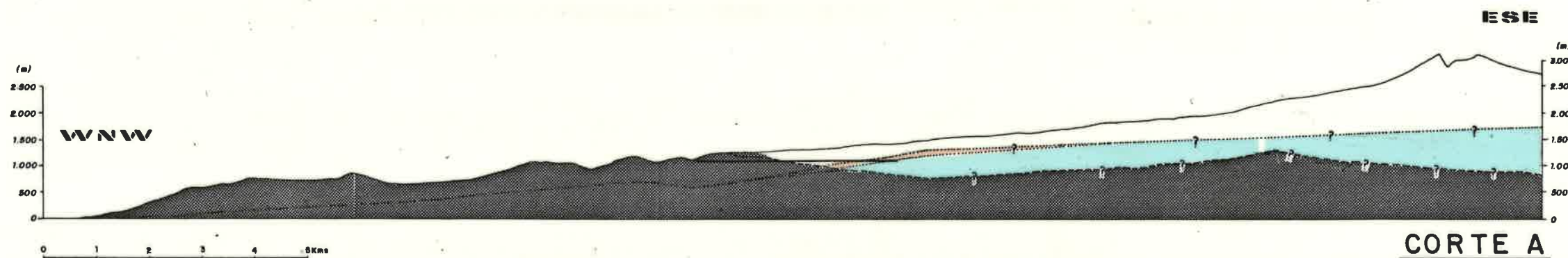
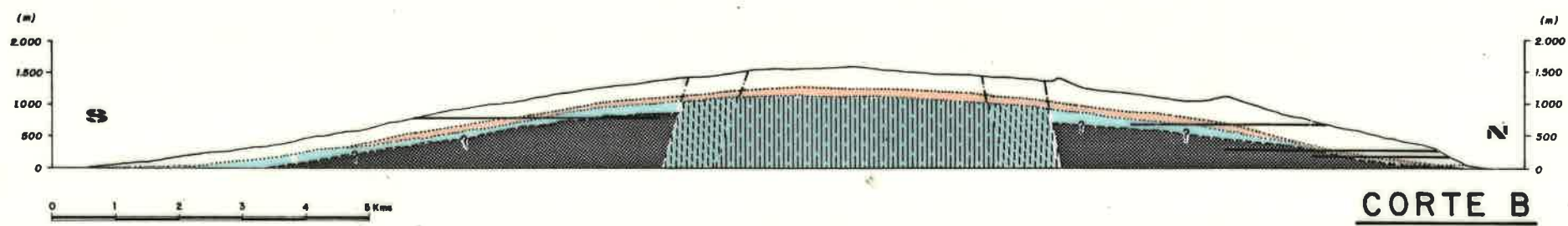
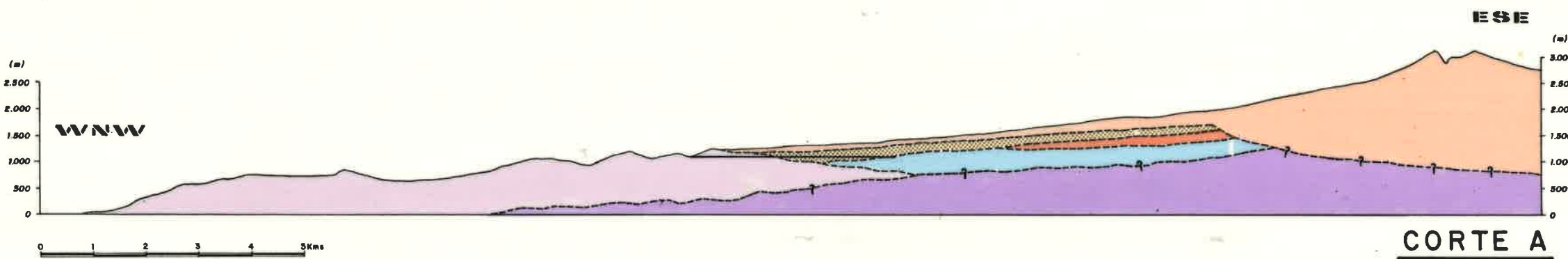
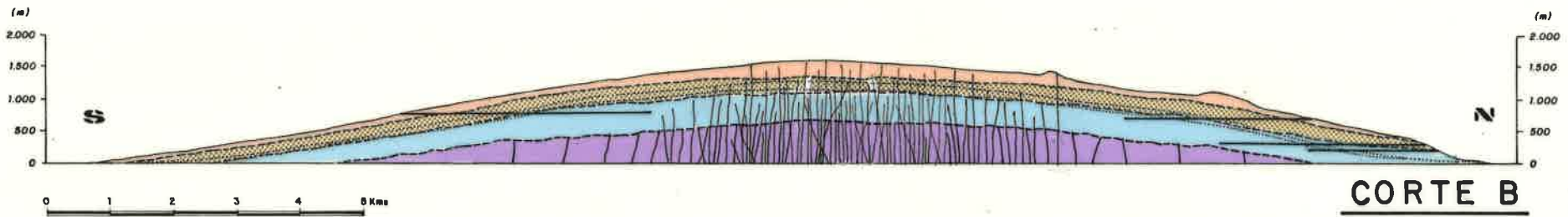
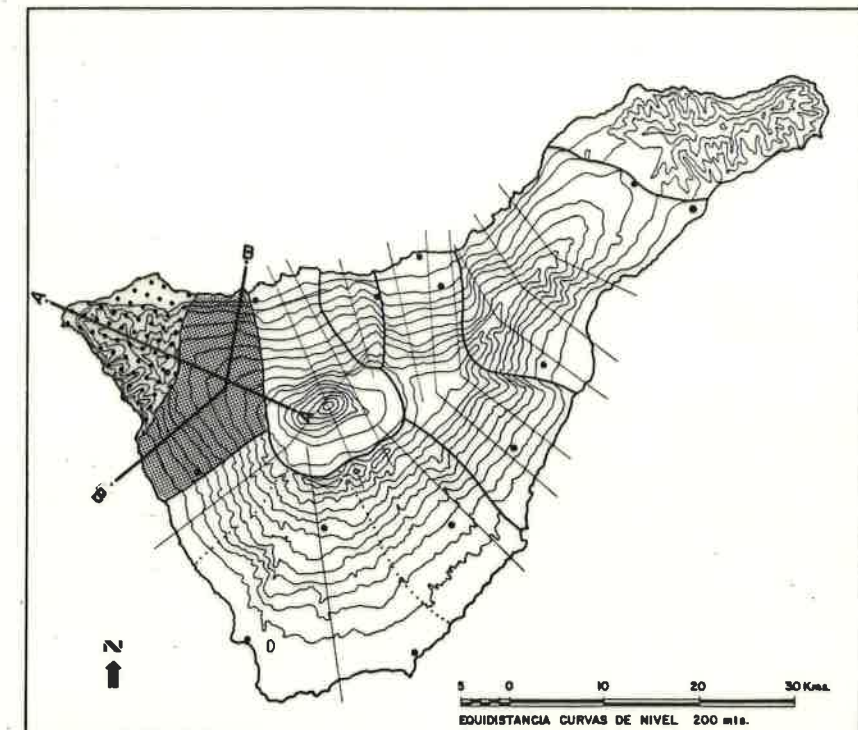
La presencia generalizada de un zócalo impermeable relativamente somero impone una fuerte limitación a la explotación, que en la actualidad queda circunscrita al acuífero epidérmico. La producción total del grupo parece haber comenzado a disminuir tras encontrar su techo, hace unos pocos años, en torno a los 150 l/s.

Al igual que en los grupos 1 y 2, la llegada al zócalo impermeable marca el final de la primera etapa extractiva. La siguiente tendrá lugar cuando, superado este tramo seco, se llegue al núcleo previsiblemente productivo de la Dorsal, en donde la fisuración secundaria asociada al eje estructural activo debería posibilitar la acumulación y circulación de importantes volúmenes de agua subterránea.



**L E Y E N D A :**

- fonolitas de Series Cañadas
- Serie Basáltica II
- Serie I del Edificio Teno
- Serie Basáltica I
- galería
- red filoniana
- Series Recientes
- Serie Traquibasáltica sup.



**L E Y E N D A :**

- galería
- superficie freática inicial
- superficie freática en 1985
- zona ya drenada
- zona saturada en 1985
- margen anisótropo de eje estructural; alternancia de diques impermeables y franjas de permeabilidad fisural moderada.
- núcleo anisótropo de eje estructural; alternancia de diques impermeables y franjas de permeabilidad fisural alta.
- formaciones con permeabilidad primaria variable entre muy alta y baja.
- zócalo impermeable

ZONA III



## ZONA III

### 1. INTRODUCCION

La continuidad cónica o piramidal del relieve de Tenerife queda truncada en la región central de cumbres por la gran depresión de Las Cañadas, excavada en materiales relativamente antiguos pero rellena de lavas y piroclastos muy jóvenes que pertenecen al Complejo Teide-Pico Viejo, cuya actividad prosigue en la actualidad.

La depresión está confinada en la mitad meridional por una escarpada pared de hasta 500 m de desnivel que, a grandes rasgos, tiene una configuración de anfiteatro semielíptico, con unos 15 km de eje mayor. La mitad septentrional, en cambio, queda ocupada por los dos mayores aparatos del Complejo reciente, los estratovolcanes Teide y Pico Viejo, que sobrepasan holgadamente en altura a la pared del anfiteatro. Las lavas que proceden de ambos aparatos no sólo inundan el fondo de la cubeta sino que también desbordan la pared en algunos puntos y, sobre todo, descienden por la vertiente norte hasta el mar, canalizadas por el valle de Icod-La Guancha, el cual está conectado morfológicamente con el anfiteatro mediante el escarpe occidental del Macizo de Tigaiga.

### 2. EL PROBLEMA DE LA CONFIGURACION Y DEL ORIGEN DE LAS CAÑADAS

El hecho de que los estratovolcanes Teide y Pico Viejo estén ocupando la porción septentrional de Las Cañadas enmascara la forma de la depresión en el subsuelo y plantea algunos problemas estructurales que afectan no sólo a la volcanología sino también a la configuración y dimensiones del sistema hidráulico insular. La cuestión puede ser centrada en torno a dos posibilidades:

- 1) La pared del anfiteatro se continúa bajo los materiales de relleno, en cuyo caso debe existir una depresión cerrada en el centro de la Isla
- 2) La pared de las Cañadas no se prolonga bajo el Teide-Pico Viejo, con lo que tanto el anfiteatro como el valle Icod-La Guancha formarían parte de una misma unidad morfológica, que en realidad sería una gran depresión abierta hacia el mar.

#### 2.1. DEPRESION CERRADA

Si se admite que existe en el subsuelo una continuidad de la pared de Las Cañadas, la depresión cerrada resultante sería elíptica y mediría 15 y 8-9 km en los ejes máximo y mínimo, respectivamente. Tal caldera se habría originado

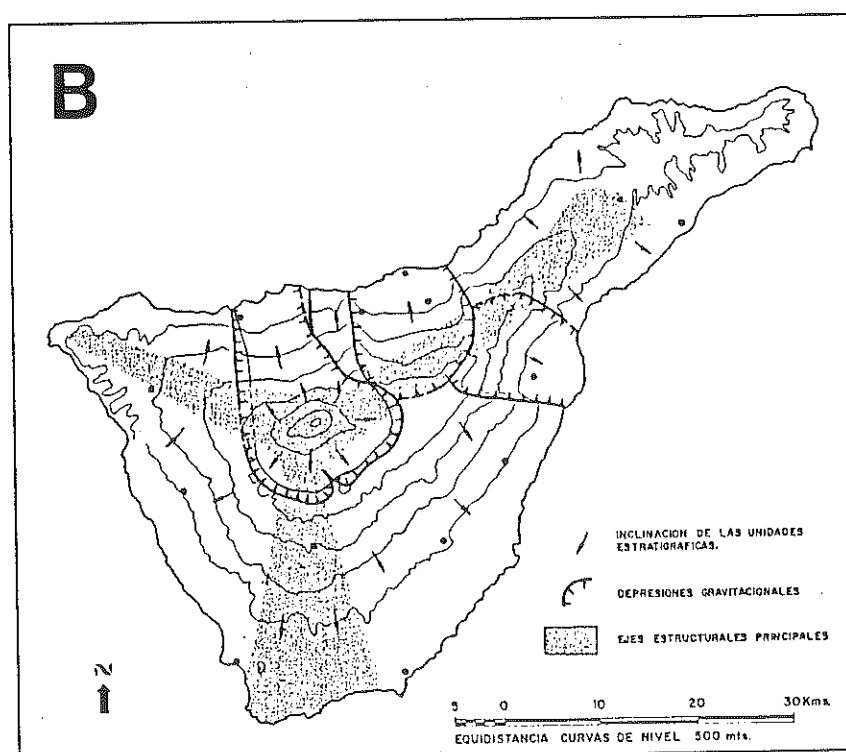
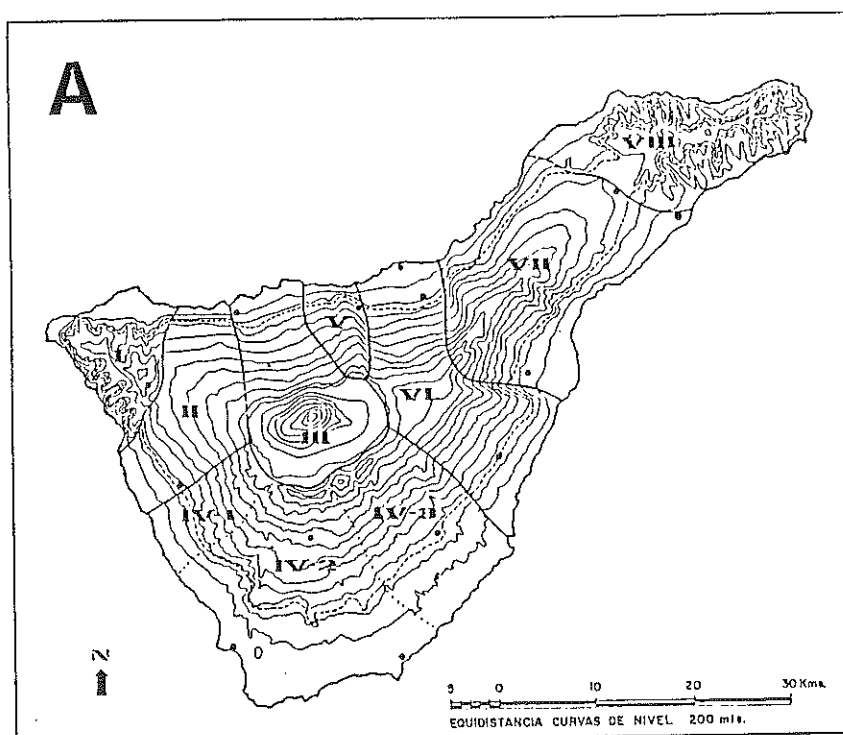


Fig.12.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

necesariamente por colapso vertical del antiguo edificio, al vaciarse una cámara magmática de grandes proporciones durante el curso de una erupción altamente explosiva y rápida. A priori, esta hipótesis encajaría bien en el contexto volcanológico de la Isla, e incluso sería la primera a formular ante un accidente topográfico como el anfiteatro de Las Cañadas.

Sin embargo, al profundizar en ella surgen dos puntos oscuros: 1) la presencia de los Roques de García, que dividen el anfiteatro en dos partes, y 2) la ausencia de materiales piroclásticos que puedan ser asociados inequívocamente a la gigantesca erupción. Examinemos estos dos puntos en detalle:

1 - Los Roques de García conforman un espolón que se adentra más de 2 km en el interior de la depresión y que está constituido, sobre todo, por materiales subvolcánicos relativamente profundos (diques y pitones fonolíticos). Como existe una continuidad perfecta entre el espolón y el resto de la pared, la única forma de hacer encajar esta situación en la hipótesis de hundimiento es imaginando dos calderas más pequeñas separadas por los Roques. Mientras no hubo otra información que la de superficie, esta solución, aunque claramente "ad hoc", entraba en la esfera de lo posible. Actualmente, sin embargo, existen datos directos sobre el subsuelo situado al O de los Roques de García, procedentes de sondeos y galerías (ver mapa Ref.3.2.1), y ni éstas ni aquellos encuentran una ruptura de la continuidad que evidencie un colapso vertical. Las consecuencias son dos: a) de haber colapso, sólo afectaría a la "semidepresión" situada entre los Roques de García y el Portillo, y b) queda por explicar cómo se ha originado la "semidepresión" localizada al O de los Roques.

2 - Una erupción que concluye con la formación de una caldera de grandes dimensiones, arroja decenas de kilómetros cúbicos de magma en forma altamente explosiva y en tiempos muy cortos (días o semanas). Los productos piroclásticos resultantes, bien conocidos y descritos en todas las áreas volcánicas del mundo, son extraordinariamente voluminosos y extensos, tienen unas características peculiares (ignimbritas, lag-breccias, etc.) y, sobre todo, dan lugar a acumulaciones muy potentes en el entorno del anillo caldérico. En Las Cañadas, que tienen vastas porciones topográficamente planas en el mismo borde, lo que excluye que la erosión haya hecho desaparecer productos depositados en ella, todavía no ha sido señalada por ningún autor una unidad eruptiva que responda al tipo mencionado. Mientras falte esta esencial pieza de evidencia, la hipótesis de colapso no será sino la expresión de un prejuicio morfológico, basado en la conjetura de que en algún lugar invisible, es decir, bajo el Teide-Pico Viejo, pueda existir una continuación de la pared que cierre por completo la depresión.

## 2.2. DEPRESION ABIERTA

¿ Cuál es realmente la forma del subsuelo bajo el Teide-Pico Viejo? Sobre este punto son decisivas las indicaciones proporcionadas por algunas galerías de la vertiente norte, que han llegado hasta las mismas estribaciones del Teide entre las cotas de 1000 y 1500 m, aproximadamente (ver mapa Ref.3.2.1).

La más significativa es Lomo Colorado, que, con una longitud total de 5003 m, penetra 1.5 km más allá del límite teórico en que estaría situada la supuesta pared septentrional; aún cuando la cota de la traza es inferior en 1000 m a la del escarpe del anfiteatro en su punto más próximo (La Fortaleza, 2140 m), que sólo dista 2 km, no son intersectados en ningún momento materiales del basamento pre-Cañadas. Otra galería más baja todavía, pero situada en la franja central del valle (Saltadero de Las Cañadas, cota 975, 4515 m de longitud de perforación), ha llegado al mismo límite teórico sin encontrar otros terrenos que los de relleno de la depresión.

En definitiva, las evidencias suministradas por la observación directa del subsuelo demuestran incontestablemente que la pared de Las Cañadas carece de continuidad en la porción septentrional, es decir, entre La Fortaleza y Chasogo. A esta conclusión también se llegó a través de las anomalías de Bouger (Fig. 7, MacFarlane and Ridley, 1968), que muestran un "valle" gravimétrico que une el anfiteatro y el valle Icod-La Guancha.

La existencia del gran valle de salida de Las Cañadas fue puesta de manifiesto por primera vez por T. Bravo en 1962 en base a la investigación de las galerías; posteriormente, en 1973, tal estructura fue confirmada por J. Coello. El avance en profundidad de las perforaciones durante los últimos 15 años, en ocasiones superior a 3 km, como en la galería Lomo Colorado, ha permitido ampliar el conocimiento del subsuelo y corroborar más aún el hallazgo de Bravo.

Hay que señalar que estructuras de este tipo -gran anfiteatro con valle de salida- no son raras en islas volcánicas. La Caldera de Taburiente en La Palma, aunque de dimensiones relativamente modestas (6 km de anchura en el anfiteatro de cabecera), es el ejemplo más clásico, y de ella ha derivado el término "caldera"; paradójicamente, este término tiende ahora a utilizarse casi exclusivamente para los casos de colapso por vaciado rápido de cámara magmática, cuando en Taburiente es la erosión, en una u otra forma, el mecanismo de formación.

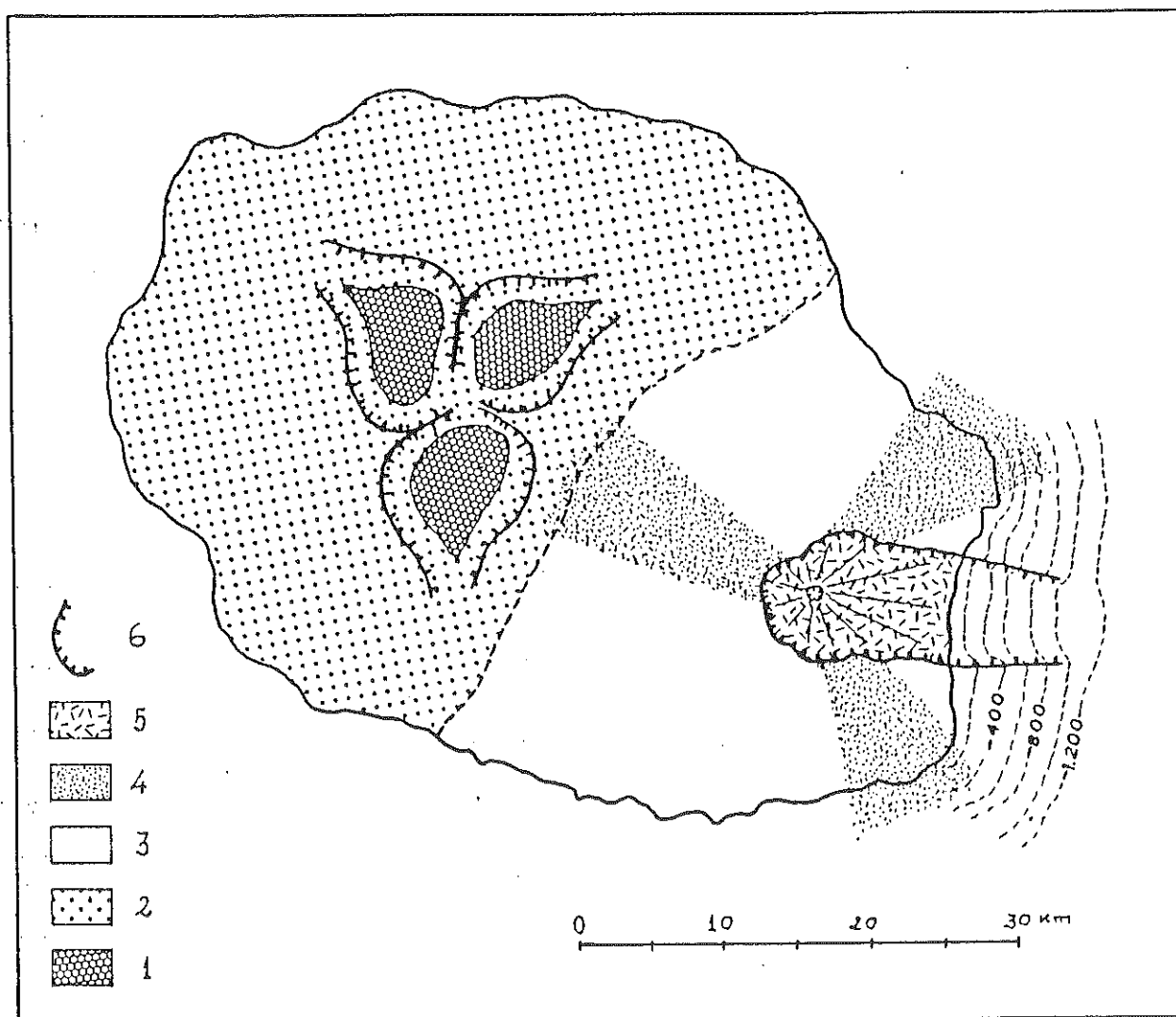


Fig. 13.- Esquema geológico de la isla de Reunión (Océano Indico). (1) rocas antiguas del Complejo Basal, (2) edificio volcánico antiguo erosionado, (3) edificio volcánico joven, (4) ejes estructurales asociados a 3, (5) estratovolcán actual relleno de depresión y (6) escarpe morfológico.

Al igual que en Taburiente, las tres grandes depresiones abiertas del edificio (2) no pueden ser calderas de colapso a causa de la presencia en el fondo de rocas pertenecientes al Complejo Basal; las dimensiones en los respectivos sectores de anfiteatro son similares a las de Las Cañadas.

La depresión abierta del edificio (3), generada probablemente por un deslizamiento en masa, se prolonga bajo el nivel del mar hasta la cota -1000; este hecho sólo puede ser evidenciado mediante una batimetría muy precisa.

Otro ejemplo muy espectacular e ilustrativo es el de Reunión, en el Indico (Fig. 13). La isla, que es algo mayor que Tenerife, está conformada por dos grandes edificios volcánicos solapados. El más antiguo y erosionado (Piton des Neiges, 3069 m), presenta una zona de cumbres disecada por tres enormes depresiones calderiformes cuyos anfiteatros de cabecera superan los 10 km de anchura; como en Taburiente, en el fondo de cada una de ellas afloran materiales del Complejo Basal insular, lo que excluye una génesis por colapso vertical. El edificio más joven (Piton de la Fournaise, 2637 m), está alimentado por un sistema triple de ejes estructurales y muestra una profunda depresión abierta hacia el mar, parcialmente rellena por lavas recientes que proceden de un gran estratovolcan situado en el centro del anfiteatro de cabecera; la depresión, que tiene una forma muy alargada (20 km de longitud), se prolonga en la porción submarina del relieve hasta la cota de -1000 m, en donde finaliza con una anchura de 5 km, frente a los 8 km de diámetro máximo en el anfiteatro.

La enumeración de ejemplos como los anteriores podría ser continuada "ad nauseam" para evidenciar el hecho de que las depresiones calderiformes abiertas no sólo no son raras, sino que, por el contrario, constituyen un tipo morfológico común en los terrenos volcánicos de todo el mundo. En algunos casos están parcialmente rellenas de materiales jóvenes y, ante la imposibilidad de acceder al subsuelo, siempre se podrá especular con la idea de un colapso vertical en la región del anfiteatro de cabecera, lo que, sin embargo, no explica porqué hay asociado un valle de salida. En otros casos, por el contrario, afloran rocas antiguas en el fondo de la depresión, de modo que resulta innegable la no intervención del mencionado proceso de formación.

### 3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS Y SU COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Las diversas unidades estratigráficas presentes en la zona pueden ser agrupadas en dos grandes conjuntos de edad y significado hidrogeológico muy diverso:

- 1) **Materiales pre-Cañadas**, que antedatan la formación de la depresión y constituyen las paredes y el fondo del anfiteatro y de su valle de salida.
- 2) **Materiales post-Cañadas**, que rellenan la cubeta y en ocasiones desbordan por encima de ella, enmascarando la morfología profunda de la depresión.

#### **3.1. MATERIALES PRE-CAÑADAS**

Como la cubeta se ha formado en fecha muy reciente (hace menos de 150 ó 200 mil años), los materiales que la forman pertenecen prácticamente a todas las unidades estratigráficas

de la Isla, con excepción de la Serie Basáltica IV y de la parte alta de la Serie III.

En lo que se refiere a la porción aflorante, tanto la pared de Tigaiga como el anfiteatro de Las Cañadas, están constituídos esencialmente por materiales fonolíticos (lavas y piroclastos), aunque con numerosas intercalaciones más básicas; además, en el sector Roques de García- Boca de Tauce hay una red filoniana extremadamente densa, integrada por diques y pitones, también de naturaleza fonolítica. La pared oriental del valle de Icod (acantilado Icod-El Amparo) presenta lavas basálticas de Serie II y traquibasaltos de la Serie Traquítica y Traquibasáltica.

La porción no aflorante es parcialmente conocida al haber sido intersectada por algunas galerías. Además de fonolitas de la Serie Cañadas, están presentes la Serie II (que también aflora cerca de Boca de Tauce) y, presumiblemente, la Serie I. Finalmente, el fondo del valle de Icod- La Guancha está formado por mortalón en todos aquellos puntos en que ha sido alcanzado por las perforaciones.

Independientemente de cuales sean la composición y edad de los materiales no aflorantes, todos ellos han sufrido fuertes cambios en sus características primarias. En primer lugar, la compactación ha sido muy intensa por encontrarse en la región central de la Isla, que es la que ha experimentado mayor crecimiento vertical y donde, por tanto, cada unidad estratigráfica tiene mayor montera. En segundo lugar, y al menos en la región del anfiteatro, la repetida inyección forzada de diques y pitones fonolíticos muy voluminosos ha comprimido la roca de caja, reduciendo el volumen total de huecos; paralelamente, la intrusión subvolcánica ha inducido una intensa alteración hidrotermal, presente en ciertas zonas de superficie (Los Azulejos, etc.), pero, sin duda, mucho más extendida en el subsuelo.

Como resultado de los procesos anteriores, todas las unidades estratigráficas del subsuelo han experimentado una homogeneización en cuanto a su comportamiento ante la circulación del agua. En conjunto forman un zócalo de permeabilidad nula o muy baja que, con excepción de las franjas correspondientes a los ejes estructurales, que desconectan la depresión de los terrenos circundantes, convirtiéndola en una cubeta casi estanca.

### 3.2. MATERIALES POST-CAÑADAS

La secuencia estratigráfica que rellena la depresión es bien conocida por las observaciones de superficie y, sobre todo, por las galerías excavadas entre las cotas de 300 y 1500 m en el valle de Icod-La Guancha. Las perforaciones de la franja oriental del valle cortan la totalidad de la secuencia



y alcanzan el basamento en que se apoya, que es el mortalón; el espesor de los materiales post-Cañadas oscila en torno a los 500 m (ver corte D, pags. 77 y 78).

Más hacia el centro del valle, en su eje longitudinal, hay dos galerías muy profundas (Miradero de Santa Bárbara, 5400 m; Saltadero de Las Cañadas, 4500 m) que, con monteras de más de 700 m, no han alcanzado el basamento y ni siquiera intersectan la superficie freática, significando que el relleno post-Cañadas puede llegar a 1000 o más metros (ver corte C, pags. 77 y 78).

Las formaciones recientes atravesadas por las perforaciones tienen rasgos distintivos bien marcados y pueden ser correlacionadas sin problemas de un punto a otro. La secuencia global comprende las siguientes unidades, de más moderno a más antiguo:

- 3) Fonolitas (o traquitas) superiores
  - 2) Traquibasaltos del Teide-Pico Viejo
  - 1) Basaltos Iniciales
- Mortalón

### 3.2.1. Basaltos Iniciales

La actividad volcánica que sigue inmediatamente a la formación de la depresión abierta, ha dado lugar a un potente y monótono apilamiento de lavas basálticas que en superficie sólo es parcialmente visible en el acantilado de la playa de San Marcos. La insignificancia de este afloramiento no permite imaginar el gran volumen que alcanzan los Basaltos Iniciales en el subsuelo, que fueron mencionados por primera vez por Bravo (1962) bajo la denominación de Basaltos Subrecientes.

Su potencia puede superar los 500 m en el valle de Icod-La Guancha, pero sin duda es mucho mayor en el anfiteatro de Las Cañadas por encontrarse allí su centro o centros de emisión. Están integrados por decenas de lavas individuales de tipos aa y pahoehoe, sin intercalaciones de paleosuelos, niveles sedimentarios o incluso horizontes piroclásticos. La impresión que sugiere esta ausencia de intercalaciones es la de un periodo de actividad muy continuada e intensa, similar al que dió origen al estratovolcán Cho Marcial, en la Dorsal NE, inmediatamente después de la formación del valle de Güímar.

Su sistema de emisión puede ser un estratovolcán principal, situado en la base del Teide actual, en donde estaría concentrada la mayor parte de la actividad, pero al que acompañarían erupciones laterales en los flancos NE y NO, de modo

similar a lo que ocurre actualmente.

Hay que señalar que este periodo de intensa actividad basáltica en el centro de la Isla, o más exactamente, en la zona de intersección de los ejes estructurales, es sorprendente por cuanto se desvía del comportamiento habitual. En efecto, durante varios cientos de miles de años, la actividad en la región central de cumbres estuvo presidida por la emisión de magmas esencialmente fonolíticos, y de repente, pero en coincidencia con la apertura de la depresión, se produce un cambio radical tanto en la composición de los productos como en la intensidad del volcanismo. Este hecho es una de las claves en la interpretación de la génesis de Las Cañadas.

### 3.2.2. Traquibasaltos del Teide-Pico Viejo

La unidad anterior da paso gradualmente a materiales más evolucionados desde el punto de vista geoquímico y, de forma paralela, la actividad emisiva se ralentiza, dejando intervalos de tiempo más prolongados entre erupción y erupción. De este modo, los Basaltos Iniciales están recubiertos en el valle de salida por un paquete de lavas traquibasálticas muy escoriáceas, entre las que se intercalan almargres y depósitos sedimentarios.

Esta unidad sólo alcanza un espesor de unos 100 m en la parte media del valle, pero se va engrosando hacia la cabecera y, finalmente, pasa a conformar los estratovolcanes Teide Antiguo y Pico Viejo, así como un cierto número de pequeños aparatos laterales.

Los aparatos laterales, que con frecuencia son visibles en superficie, están localizados preferentemente sobre los flancos NE y NO del gran edificio formado por ambos estratovolcanes, con lo cual quedan conectados al funcionamiento de los ejes estructurales principales. Esto sugiere una intensa y repetida intrusión filoniana en el subsuelo, con una dirección de los diques que tiende a ser transversal con respecto al valle de salida del anfiteatro; este hecho tiene, sin duda, importantes repercusiones hidrogeológicas, como se verá más adelante.

### 3.2.3. Fonolitas Superiores

La actividad más reciente o actual del Complejo Teide-Pico Viejo tiene carácter fonolítico o traquítico, y ha dado lugar a lavas muy viscosas, obsidiánicas. Las coladas parten de centros de emisión que, aunque dispersos, tienden a situarse en la periferia de los grandes estratovolcanes (Mña. Blanca, Abejeras, Pico Cabras, etc.), alimentados por un sistema radial de diques.

La cobertera de fonolitas es epidérmica y, tanto en la zona del anfiteatro como en el valle de salida, deja extensas "ventanas" en donde afloran los traquibasaltos infrayacentes.

#### 3.2.4. Comportamiento hidrogeológico global

Con la excepción de las Fonolitas Superiores, que poseen una permeabilidad primaria baja, los restantes materiales del Complejo Teide-Pico Viejo son extraordinariamente conductivos y de gran coeficiente de almacenamiento. En efecto, tanto los basaltos como los traquibasaltos están muy frescos y carecen de compactación, incluso en niveles profundos.

En los Basaltos Iniciales la permeabilidad horizontal está asociada a las escorias de base y techo de las lavas aa y, sobre todo, a los grandes huecos interconectados de las lavas pahoehoe. Por otra parte, la permeabilidad vertical no se encuentra interrumpida por extensos horizontes almagrizados, y aunque las bandas centrales densas de cada lava "aa" son fuertemente impermeables, al tener escasa continuidad lateral sólo inducen una trayectoria algo oblicua que no impide en absoluto el flujo vertical.

Los Traquibasaltos del Teide -Pico Viejo tienen una alta proporción de escorias de base y techo (hasta el 60 % del volumen total de la colada) que los convierte en terrenos sumamente conductivos, si bien la permeabilidad vertical está reducida por algunos horizontes almagrizados.

### 4. GEOMETRIA DEL ACUIFERO

#### 4.1. CONFIGURACION DEL ZOCALO IMPERMEABLE

La morfología aproximada de la depresión bajo los materiales volcánicos de relleno, queda expuesta en los cortes geológicos (cortes C, D, E y F, pag.77).

##### 4.1.1. Sector del anfiteatro

Entre los Roques de García y el Portillo no hay perforaciones que orienten sobre la configuración del escarpe en profundidad. Entre los Roques y Chasogo, la definición es buena gracias a sondeos verticales y galerías (ver mapa Ref.3.2.1): existe una rápida disminución de la pendiente con la profundidad y un aumento del espesor de los piedemontes que separan las lavas recientes del substrato pre-Cañadas.

También se conoce la continuación de La Fortaleza hacia el interior de la depresión; la galería Vergara I intersecta un espolón de la pared a casi 1 km de la traza superficial de ésta, indicando, asimismo, una disminución de la inclinación

con la profundidad.

#### 4.1.2. Tránsito anfiteatro-valle de salida

La ruptura de la continuidad del anfiteatro bajo el Teide está perfectamente ilustrada por Vergara I (cota 1460 m), Lomo Colorado (cota 1140 m) y Saltadero de Las Cañadas (cota 975). Todas estas galerías han sobrepasado hacia el interior de la depresión el límite teórico en que estaría situado el cierre septentrional de la supuesta caldera de colapso, no habiéndose encontrado en ningún momento materiales del edificio pre-Cañadas sino lavas de relleno.

#### 4.1.3. Valle de salida

El valle Icod-La Guancha está marcado en superficie, a lo largo de la franja oriental, por la pared de Tigaiga. En el subsuelo, y hasta una distancia de 2 km de la traza superficial de la pared, hay una densa red de galerías cuyos frentes alcanzan el basamento (mortalón), revelando que la sección transversal del valle tiende a adquirir un perfil en U achata-da antes que en V. Esta morfología sugiere que en el proceso de formación del valle ha predominado un mecanismo de deslizamiento en masa y no una erosión fluvial.

Sobre la franja occidental hay menos datos. El escarpe de Las Cañadas finaliza en las proximidades de la Mña. Chasogo, y a partir de aquí queda recubierto por materiales más jóvenes que proceden tanto del Complejo Teide-Pico Viejo como de emisiones fisurales de la Dorsal NO. Esta potente cobertera reciente persiste hacia el norte durante más de 10 km, borrando la huella de cualquier relieve precedente, y sólo en la proximidad de Icod de los Vinos reaparece la probable continuación del borde oriental del valle (acantilado Icod-El Amparo). En este sector oriental hay cuatro galerías con cuya información se podría mejorar el conocimiento del límite, pero en todas ellas hay problemas de gases y las fichas del SPA-15 no registran la totalidad de las longitudes perforadas, a excepción de la más corta (La Banana, 1830 m)

En la franja central del valle, es decir, en la zona más deprimida, las galerías no han alcanzado el basamento a pesar de las considerables longitudes perforadas (entre 4500 y 5400 m).

Por último, un dato relevante es el que hace referencia a la profundidad del fondo de la cubeta en la plataforma litoral. El acantilado marino no supera en altura unas pocas decenas de metros y está constituido por las lavas más superficiales de la secuencia de relleno. El resto yace bajo el agua, lo que indica que el valle de salida de Las Cañadas tiene un perfil longitudinal que no acaba al nivel del mar,

como los valles fluviales, sino a una profundidad mucho mayor (a la cota -300 como mínimo). Este hecho excluye la erosión fluvial como mecanismo genético de la depresión y sugiere la intervención de grandes deslizamientos en masa, como ocurre en los valles de La Orotava y Güímar-Arafo.

#### 4.2. INFORMACION EXISTENTE SOBRE LA SUPERFICIE FREÁTICA

##### 4.2.1. Sector del anfiteatro

Las galerías y sondeos sólo intersectan la zona saturada en la porción más periférica del anfiteatro. En el caso de las galerías, lo hacen entrando en la depresión desde el exterior, con lo que pueden alcanzar el acuífero a cualquier cota bajo la superficie freática, proporcionando indicaciones sobre la altura mínima de esta última.

Los datos disponibles son los siguientes:

- 1) En el sector NE del anfiteatro, la superficie freática se encuentra a una cota mínima de 1500 m, como indican las galerías Vergara y El Almagre; la cota real puede ser de algunos centenares de metros más.
- 2) En el sector SO, la cota mínima es de 1750 m, como indican las galerías Niágara y El Junquillo (Tágara).
- 3) El sondeo C-3, efectuado por el SPA-15 en el LLano de Ucanca, encuentra el nivel piezométrico a unos 80 m de profundidad, es decir, a la cota 1930; la altura de la columna de agua sobre el zócalo impermeable (fonolitas alteradas de la Serie Cañadas) es de unos 30 m. Hay que señalar que la altura del nivel varía de unos años a otros según la pluviosidad, alcanzando en ocasiones la propia superficie topográfica, con lo que el LLano, de fondo permeable, queda inundado durante los meses de invierno.

Aunque insuficientes, estos datos revelan que, en el sector del anfiteatro, el nivel freático se encuentra a una cota que puede oscilar entre los 1600 m, cerca de El Portillo, y los 1800 o más, cerca de Boca de Tauce. Esto significa una considerable sobreelevación con respecto al nivel en el valle de salida.

##### 4.2.2. Sector del valle de salida

A efectos descriptivos, podemos distinguir tres franjas longitudinales dentro del valle: oriental, occidental y central.

La franja oriental, cerca de la pared de Tigaiga, es la

mejor conocida en razón de la densa red de captaciones que la cortan a todas las cotas. Casi todas ellas atraviesan la totalidad del relleno lávico del valle y alcanzan el zócalo impermeable, que, en todos los casos, es el mortalón. La zona saturada se encuentra en las lavas jóvenes, pero, dada la alta conductividad de éstas, no se eleva mucho sobre el zócalo.

La franja occidental está perforada por cuatro galerías, de las que al menos dos obtienen caudales significativos (20 y 47 l/s) que, sin duda, proceden de la zona saturada y no de acuíferos colgados. Lamentablemente, y por causa de la presencia de gases, durante la elaboración del inventario del SPA-15 no fué posible llegar hasta el frente, de modo que la información disponible es claramente insuficiente. Además, en los últimos años han aumentado su longitud (ver cuadro adjunto), por lo que es más difícil todavía aventurar una interpretación geológica e hidrogeológica.

<u>GALERIA</u>	<u>LONG.1973</u>	<u>LONG. CON DATOS</u>	<u>LONG.1985</u>	<u>CAUDAL 85</u>
Las Longueras	2.800 m	1.700 m	3.025	7 l/s
El Reventón	2.140 m	850 m	2.140	20 l/s
La Hondura	2.600 m	2.200 m	3.350	47,3 l/s

La franja central está perforada por dos galerías escalonadas que, a pesar de su gran longitud (4500 y 5400 m), no han alcanzado todavía la zona saturada y tampoco han pasado otros terrenos que los de relleno, sumamente conductivos. Esto es debido a que la profundidad del fondo del valle, es decir, del zócalo impermeable, es mayor en el centro que en los márgenes. Como la cota de la galería más alta (Saltadero de Las Cañadas) es de 975 m, la superficie freática tiene, pues, que estar necesariamente más baja en la cabecera del valle.

#### 4.2.3. Consideraciones

De las informaciones contenidas en los puntos anteriores, y tal como reflejan los cortes hidrogeológicos C, D, E y F (pag.78) se desprende que:

- a) el nivel freático, en la zona del anfiteatro, no está adaptado a la superficie del zócalo impermeable sino considerablemente sobreelevado por encima de ella;
- b) el nivel freático en el valle de salida sí se adapta al zócalo;
- c) el gradiente hidráulico entre el anfiteatro y la cabecera del valle es superior al 10 %, lo que supone una fuerte anomalía en terrenos tan conductivos como los que rellenan la depresión.

La anomalía del gradiente no puede ser explicada por la proximidad del zócalo a la superficie topográfica, como queda expresado en la consideración a). Con mucha mayor probabilidad, es la consecuencia de una situación estructural peculiar que se trata en el punto siguiente.

#### 4.3. INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA SOBRE EL FLUJO DEL AGUA SUBTERRANEA

En el Teide-Pico Viejo convergen los tres ejes estructurales principales de la Isla.

1 - El mejor marcado y más activo es el NO, que en todo el flanco occidental del Pico Viejo está señalado por una constelación de conos y fisuras eruptivas, agrupados en una franja bien definida de unos 3-4 km de anchura. Esta franja corta transversalmente la pared de Las Cañadas, recubriéndola al mismo tiempo de materiales que enmascaran su traza. El último evento eruptivo asociado al eje fué en 1798 con la erupción de Chahorra en 1978.

2 - El eje NE tiene una expresión superficial menos definida al estar algo atenuada en él la actividad volcánica reciente. Esta última queda puesta de manifiesto, sin embargo, por algunos centros de emisión a) basálticos (Mña. Tomillos. Mña. Mostaza, Mña. de las Arenas Negras, etc.), b) traquibasálticos (Mña. Corrales), y c) fonolíticos (Mña. Blanca, Mña. Rajada, etc.); todo este conjunto de centros es sólo una fracción del total que yace bajo las lavas subhistóricas.

3 - El tercer eje (Sur) apenas presenta aparatos volcánicos, ya que su actividad actual, al igual que ha sucedido en épocas pasadas, es menos relevante que la de los otros.

A los ejes estructurales está asociada una intrusión filoniana que, como ya se ha mencionado repetidamente, tiene dos consecuencias hidrogeológicas:

a) Emplazamiento de diques subverticales de gran continuidad lateral, los cuales actúan en muchos casos como barreras que retardan el flujo horizontal del agua subterránea.

b) Apertura de una fracturación secundaria que incrementa la permeabilidad y facilita la difusión rápida del agua a lo largo de los ejes.

La trascendencia de ambos procesos es muy diversa según se trate del interior de la depresión o de los márgenes de és-

ta, como se analiza a continuación.

#### 4.3.1. Consecuencias en el interior de Las Cañadas

Como ya ha sido expuesto precedentemente, la depresión está excavada en terrenos impermeables y rellena de materiales pertenecientes al Complejo Teide-Pico Viejo, los cuales poseen elevada permeabilidad y gran capacidad de almacenamiento. La fracturación secundaria asociada a los ejes no supone una modificación substancial de los parámetros hidrogeológicos del relleno, salvo que acentúa la permeabilidad vertical al suprimir localmente ciertas discontinuidades horizontales, como por ejemplo las representadas por los niveles masivos de las lavas.

Lo realmente trascendente es que la inyección de diques paralelos a las directrices de los ejes (en particular, el NE y el NO), al actuar como barreras verticales, deben retardar necesariamente el flujo lateral del agua, induciendo una sobreelevación de la superficie del acuífero. En efecto, el nivel freático se mantiene muy cerca de la superficie del terreno en el interior del anfiteatro, como queda evidenciado por los sondeos y galerías existentes, pero en las porciones media e inferior del valle de salida, en donde no hay diques, se encuentra muy cerca del basamento, es decir, a una cota mucho menor. La diferencia de cota entre los niveles de una región y otra sólo puede ser explicada por la presencia de una red de diques, de dirección transversal al flujo general del agua, que imprima a la superficie freática un perfil escalonado como el de los cortes C y D (pag. 78) del que resulta un gradiente hidráulico global mucho más acusado de lo que corresponde a materiales que, como los del Complejo Teide-Pico Viejo, poseen una conductividad elevadísima.

De este modo, la barrera múltiple representada por la red filoniana permite la retención del agua en el anfiteatro, transformando Las Cañadas en un gigantesco reservorio cuyas dimensiones no han sido estimadas todavía.

#### 4.3.2. Consecuencias en la periferia de las Cañadas

El efecto de los ejes estructurales sobre las paredes de Las Cañadas es, paradójicamente, el inverso del inducido en la propia depresión. En efecto, en las zonas en que el basamento impermeable pre-Cañadas es cortado por los ejes, la fracturación secundaria modifica totalmente el sistema hidráulico, estableciendo franjas de intercomunicación hídrica entre el reservorio del interior de la depresión y los acuíferos de las zonas II y VI.

1 - La solución de continuidad impuesta por el eje NE es claramente apreciable en la galería Roque de Caramujo, cuyo



frente se encuentra muy cerca del interior de Las Cañadas, a 1500 m de cota, aproximadamente. En el tramo más profundo de la galería hay una apretada red de diques fracturados y de fisuras abiertas, todos ellos subverticales y de dirección NE, en donde la circulación del agua se realiza sin obstáculos, demostrando que la estanqueidad del perímetro de la depresión queda rota en esta franja, que se convierte de este modo en una vía de transvase hídrico potencial entre el gran reservorio de Las Cañadas y la Dorsal NE, es decir, entre las zonas III y VI.

Que el transvase se verifique realmente o no, es algo que depende en cada momento de la altura del nivel freático a cada lado de la pared. En la actualidad no parece haber diferencias apreciables de cota entre ambas zonas, pero, de persistir las fuertes extracciones en la Dorsal NE, es muy posible que se establezca un flujo hacia esta última. Históricamente, sin embargo, y hasta el momento en que comenzó la perforación de galerías, parece haber existido una transferencia hídrica inversa, desde la zona de Izaña hacia el interior de la depresión.

2 - Del sector en que el eje NO intersecta la pared de Las Cañadas, se tiene menos información subterránea, pero no hay motivos para pensar que ocurra diversamente de lo expuesto para el NE; en este caso, y teniendo en cuenta el gradiente de la superficie freática, el transvase parece estar orientado desde el reservorio de Las Cañadas hacia la Zona II.

## 5. CAPTACIONES EXISTENTES

La posición central de la Zona III la convierte en accesible mediante galerías emboquilladas no sólo en su propio ámbito sino también en zonas limítrofes.

### 5.1. GALERIAS DE LA PROPIA ZONA

Por razones topográficas, las perforaciones quedan limitadas al valle de Icod-La Guancha. Dentro de ellas pueden distinguirse tres grupos emplazados en otras tantas franjas longitudinales, ya comentadas al mencionar la información existente sobre el nivel freático.

La franja oriental está cortada por ocho galerías, a las que hay que sumar otras siete u ocho que proceden del adyacente Macizo de Tigaiga (Zona V). Todas ellas tienen una historia de alumbramientos muy similar, que puede ser sintetizada como sigue:

- 1) Al comienzo de la perforación es atravesado un largo tramo, cuya longitud oscila en torno a los 4 km, integrado por materiales de relleno del valle (Complejo

Teide-Pico Viejo). En general, y dada la alta conductividad de estas lavas, es estéril, pero a veces se encuentran algunos acuíferos colgados que proporcionan caudales variables en cuanto a magnitud (hasta 20-25 l/s) y duración (entre 15 días y 15 años).

2) La zona saturada es intersectada en lavas de relleno, cerca del zócalo impermeable (mortalón). El primer agua es de capa, a excepción de Salto del Frontón, en que procedió de detrás de un dique. En los caudales obtenidos parece influir la topografía irregular del mortalón, con mayor producción en las vaguadas que en las crestas. Los caudales iniciales varían mucho, pero en general superan el centenar de l/s, y en un caso (El Pinalete) llegan a 455 l/s.

3) El encuentro con el mortalón no es brusco sino gradual, ya que el contacto entre éste y las lavas suprayacentes es de naturaleza ondulante; en consecuencia, durante unos pocos centenares de metros aparecen, alternativamente, lavas productivas y mortalón estéril.

4) Con la entrada definitiva en el mortalón, que es difícil de perforar y estabilizar, se agota la posibilidad de encontrar más agua.

5) El volumen de agua extraído, al no poder ser incrementado o mantenido por reperforaciones, disminuye gradualmente con el tiempo (salvo en Vergara I). El caudal actual de cada galería oscila entre algunas unidades y unas pocas decenas de l/s.

La franja occidental tiene cuatro galerías que obtienen 13, 7, 20 y 47.3 l/s. Como se mencionaba anteriormente, no hay información disponible que permita reconstruir ni las circunstancias ni la historia evolutiva de las captaciones.

La franja central está perforada por tres galerías de gran longitud (Saltadero de Las Cañadas, Miradero de Santa Bárbara y Hoya del Ebro) que no han superado todavía el relleno lávico del valle ni tampoco han alcanzado la zona saturada.

## 5.2. GALERIAS QUE PROCEDEN DE ZONAS PERIFERICAS

1 - El grupo más numeroso (7 u 8 captaciones) es el que procede del Macizo de Tigaiga (Zona V). Son galerías que, tras atravesar los terrenos estériles o escasamente productivos del Macizo, entran lateralmente al valle de Icod-La Guancha.

Su producción en el ámbito del valle está fuertemente condicionada por la cota de la traza en relación a la topografía del fondo de la depresión. En algunos casos (como La Peña, por ejemplo) entran demasiado bajo e intersectan directamente

el zócalo impermeable, por lo que su producción es nula.

En otros, que son la mayoría (Bilbao, Rio de La Guancha, etc), intersectan la pared del valle a una cota suficientemente alta como para alcanzar las lavas recientes de relleno, por lo que desde este momento se encuentran en una situación idéntica a las de la franja oriental del apartado anterior, es decir, prosiguen la perforación hacia el centro de la Isla hasta encontrar el acuífero situado sobre el mortalón, y los caudales obtenidos son idénticos en magnitud y evolución a los de aquellas.

2 - Por otra parte, hay un cierto número de galerías que, en los últimos años, han entrado ya, o están a punto de hacerlo, en el acuífero del sector de Las Cañadas, que es el más interesante de la Zona III. Estas perforaciones proceden de las zonas IV y VI.

De ellas, el conjunto más denso es el situado en el sector Boca de Tauce-Chasogo (Zona IV), y al menos en dos casos han intersectado ya el acuífero de la depresión (El Junquito y Niágara), con un caudal de unos 100 l/s en el Junquito.

En la parte opuesta del anfiteatro, es decir, en El Portillo, hay otra perforación (El Almagre) que ha cruzado la pared este año (1988) y se encuentra en el piedemonte interno; otra, Roque de Caramujo, lo puede hacer en cualquier momento.

Sin embargo, no todas las galerías periféricas que están dirigidas hacia Las Cañadas tienen probabilidades de encontrar el acuífero central. De acuerdo con la cota seguida por la traza, en unos casos pueden quedarse por encima de la zona saturada al estar emboquilladas a demasiada altura y, en otros, por el contrario, pueden estar demasiado bajas, por lo que el tramo a recorrer en el basamento impermeable pre-Cañadas es demasiado largo. Como resumen de la situación en todo el conjunto (ver mapa Ref.3.2.2), y con la información disponible, puede decirse que en la actualidad hay tres captaciones que han intersectado el acuífero, cinco que pueden hacerlo en breve, seis que se encuentran emboquilladas a una cota demasiado alta, y tres o cuatro que lo están a una cota demasiado baja, probablemente.

## 6. RESUMEN Y PERSPECTIVAS

Como se ha visto precedentemente, la Zona III es una cubeta abierta hacia el mar y excavada en terrenos que, aunque heterogéneos, pueden ser considerados globalmente como impermeables, salvo en aquellas franjas en que la depresión es cortada por los ejes estructurales. La cubeta está rellena por materiales jóvenes dotados de una elevada permeabilidad y de un gran coeficiente de almacenamiento, los cuales, en el

^[mbito de los ejes, se encuentran atravesados por una red filoniana que induce una fuerte discontinuidad en la permeabilidad horizontal, retrasando el movimiento lateral del agua y elevando el nivel freático.

El sistema hidráulico puede dividirse en tres sectores:

- 1) Anfiteatro, que es donde está situado el acuífero principal y donde se acumulan las reservas, represadas por la red filoniana de dirección transversal al sentido de flujo del agua.
- 2) Valle de salida, por el que circula el agua que, procedente del anfiteatro, rebosa o se filtra a través de la pantalla múltiple constituida por los diques.
- 3) Plataforma litoral, en donde, como paso previo a la pérdida en el mar, se acumula el agua que ha circulado por el valle sin ser captada por la red de galerías.

De los tres sectores, el único que ha sido explotado hasta el momento es el 2 (valle de Icod-La Guancha), y estas extracciones no han afectado en modo alguno al volumen principal de reservas, que está situado en el anfiteatro. Sólo en la actualidad comienza a ser afectado por las captaciones este último, y, en cuanto a la plataforma litoral, nunca ha sido sometida a un plan de extracciones, con lo que es realmente enorme el volumen de agua que se va la mar. A continuación son examinadas estas circunstancias con mayor detalle.

#### 6.1. SITUACION DEL ANFITEATRO

Haciendo un cálculo muy aproximado, pues son numerosas las indeterminaciones que existen sobre la geometría del acuífero, y estimando conservadoramente en un 5 % el valor del coeficiente de almacenamiento del material que rellena la cubeta, el volumen total de reservas hídricas contenidas en el anfiteatro puede oscilar entre  $10^9$  y  $2 \times 10^9$  metros cúbicos.

50 hm<sup>3</sup>

Por otra parte, la infiltración de agua meteórica, que es absolutamente eficaz, proporciona una recarga anual de unos  $5 \times 10^7$  metros cúbicos. Esta recarga compensa las pérdidas que tienen lugar tanto a través del valle de salida como a lo largo de las discontinuidades correspondientes a los ejes estructurales, las cuales alimentan parcialmente otros acuíferos, como el de La Zona II y, tal vez, el de la VI.

Hasta hace pocos años, sólo existían un par de captaciones (Vergara I y El Junquito) afectando a este sector, del que extraían agua de capa con un caudal muy constante y elevado (más de 350 l/s). En la actualidad ya son otras tres las galerías que comienzan a drenarlo, y en el futuro inmediato podrán sumarse a ellas otras tres o cuatro más.

No es factible predecir el volumen de agua que van a extraer todas estas captaciones, pues, entre otros factores, figura la voluntad de las Comunidades, que son las que deciden si la perforación debe penetrar mucho o poco dentro del espesor saturado. La potencialidad, sin embargo, es muy elevada si se tienen en cuenta los voluminosos y continuos caudales de Vergara I y El Junquito.

Sería aconsejable seguir estrechamente el avance y evolución de las perforaciones en curso; con ello podrían obtenerse nuevas informaciones sobre la geometría del acuífero y sobre los parámetros hidrogeológicos del sistema, así como conocer los cambios en la calidad del agua. Por otra parte, tendría una importancia primordial la instalación de piezómetros en el interior de Las Cañadas, a fin de llevar un registro continuo de las modificaciones que ocasionarán las nuevas extracciones en el nivel freático.

## 6.2. SITUACION EN EL VALLE DE SALIDA

Las captaciones de la franja oriental tienen una concentración evidentemente excesiva y, por haber alcanzado el zócalo impermeable, no pueden extraer un volumen de agua superior al actual mediante reperforaciones. Por el contrario, la tendencia evolutiva estará orientada, como hasta ahora, hacia la lenta disminución.

Sobre la franja occidental, la información es insuficiente para hacer pronósticos, pero es probable que se mantengan los niveles extractivos actuales o que disminuyan ligeramente.

La franja central, en donde es considerable la profundidad de la zona saturada, permanece sin explotar, y a través de ella se produce un importante flujo de agua subterránea dirigido hacia la plataforma litoral. Aparte de la galería Saltadero de Las Cañadas, que es muy probable que comience a intersectar diques en un futuro inmediato, con lo que vendría a drenar el volumen de reservas del anfiteatro, sólo hay otras dos que, en caso de seguir perforando, podrían interceptar el flujo que desciende desde la región de cumbres. En cualquier forma, su número es demasiado exiguo para lograr captar la totalidad del agua que circula por esta franja del valle, de modo que no modificarían sensiblemente el volumen que llega al sector costero.

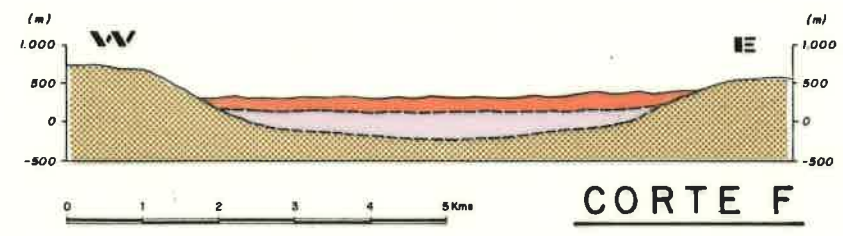
## 6.3. SITUACION DE LA PLATAFORMA LITORAL

Por la baja cota (<500 m), el tipo de captación utilizado o a utilizar es el pozo de gran diámetro. Aparte de algunos situados demasiado cerca de la línea de costa, con lo cual son

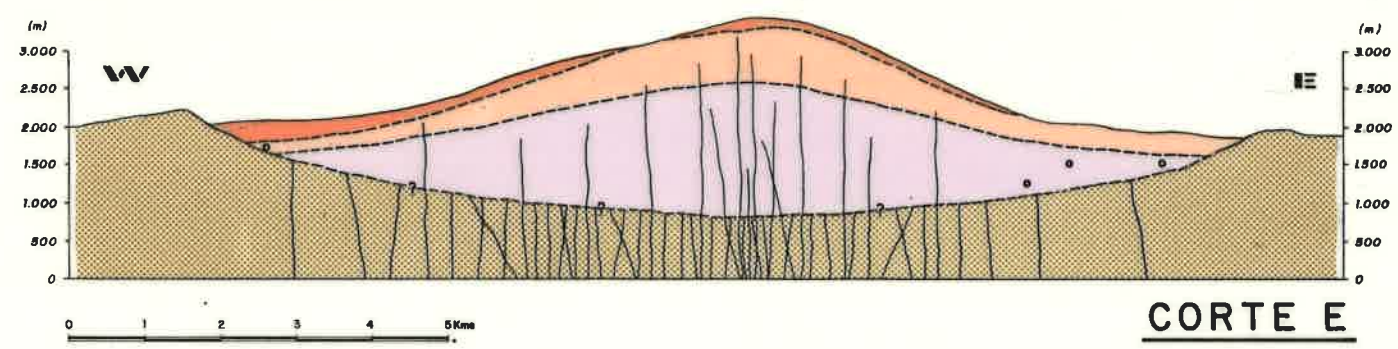
facilmente salinizables, sólo uno está emboquillado más hacia el interior (a 2 km del mar y a la cota 376); lamentablemente, sus características geológicas y sus parámetros extractivos no figuran en los diversos inventarios.

La porción baja del valle Icod-La Guancha constituye un sector de fuga de agua hacia el mar en el que tarde o temprano deberán acometerse obras de captación. Un sistema racional podría consistir en una línea transversal de pozos, con galerías de fondo también transversales al flujo del agua, situada entre la cota 400 y 500 m.

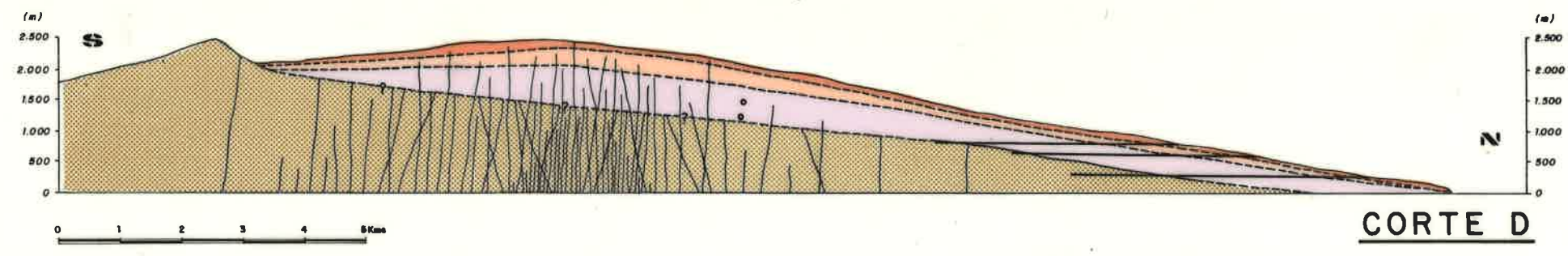




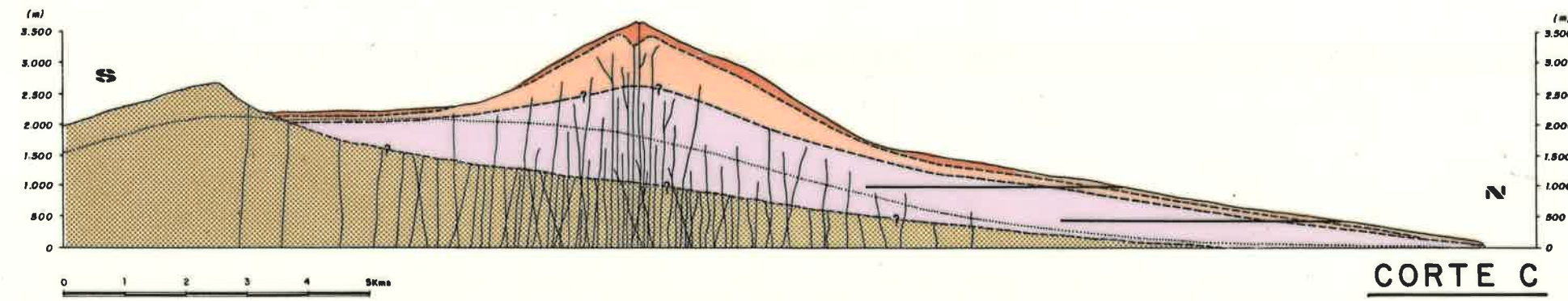
**CORTE F**



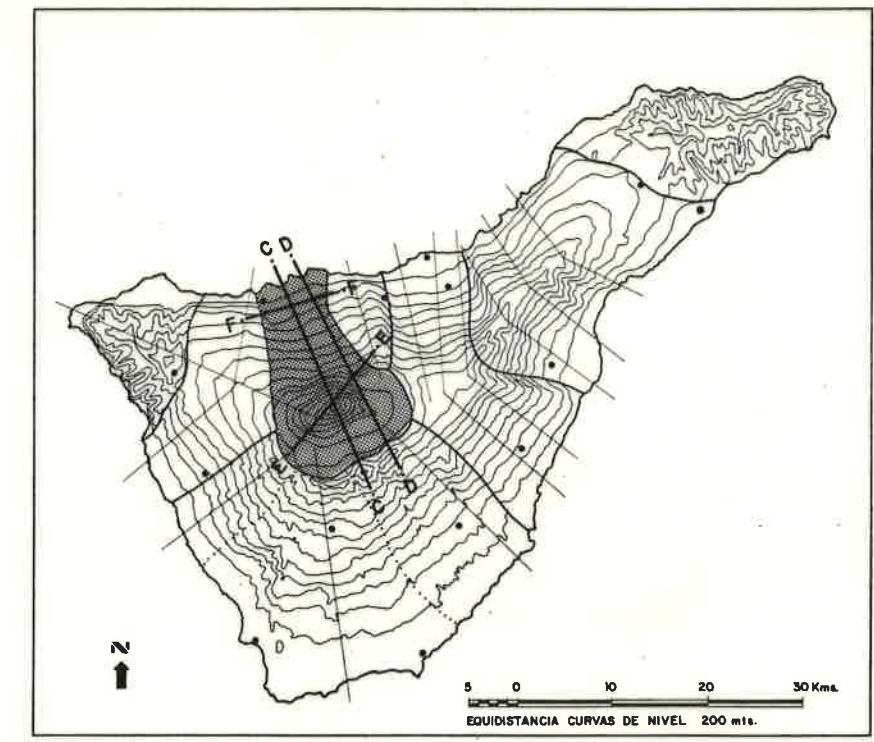
**CORTE E**



**CORTE D**



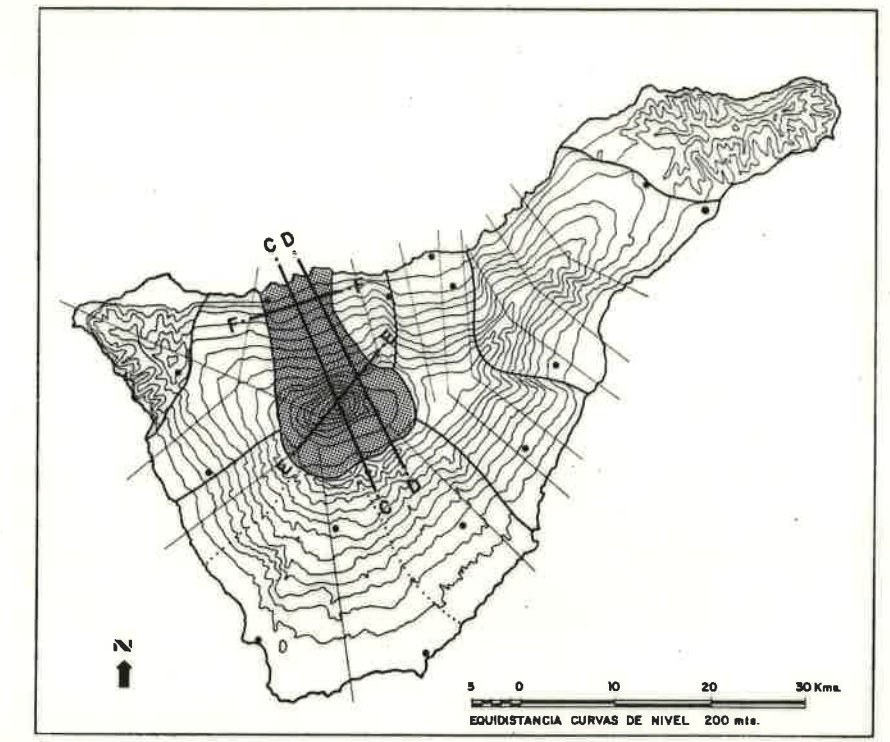
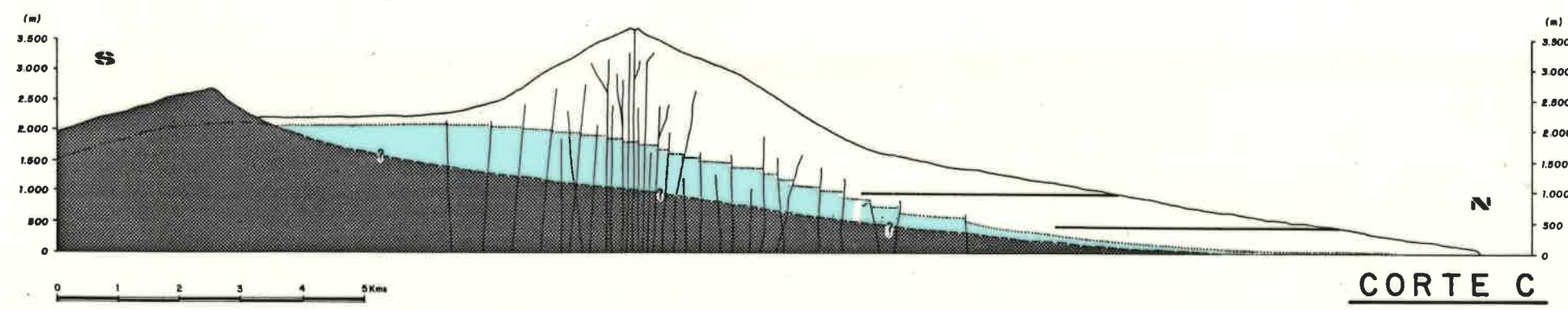
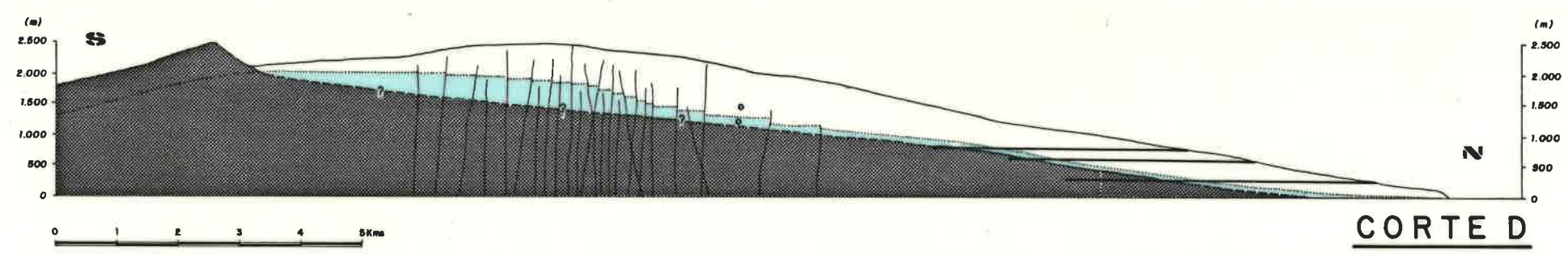
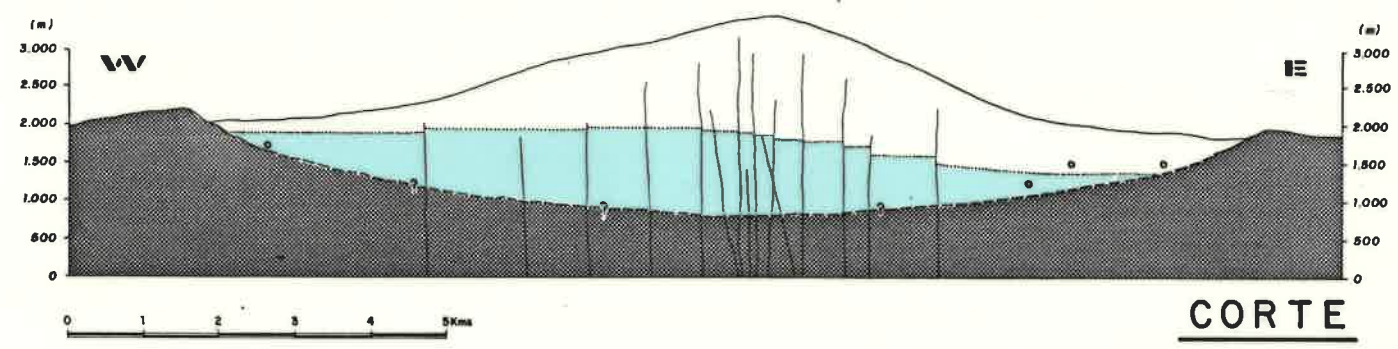
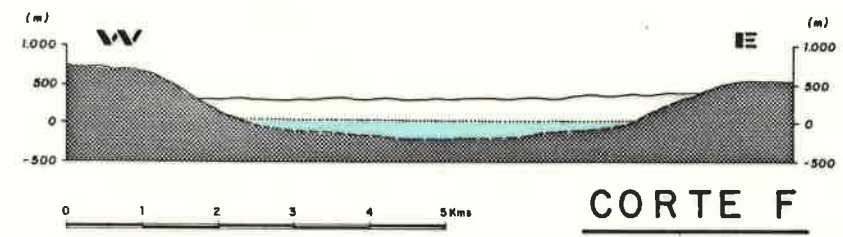
**CORTE C**



**LEYENDA:**

- galerías
- diques
- COMPLEJO TEIDE-PICO VIEJO**
  - Fonolitas superiores
  - Traquibasaltos Teide-Pico Viejo
  - Basaltos Iniciales
- BASAMENTO PRE-CAÑADAS**
  - formaciones de edad y composición diversas





- LEYENDA:**
- galería (sección transversal)
  - galería (sección longitudinal)
  - - - superficie freática inferida
  - ||||| diques impermeables
  - zona saturada
  - formaciones con permeabilidad primaria moderada - alta
  - zócalo impermeable



ZONA IV

## ZONA IV

### 1. LIMITES GEOGRAFICOS Y RASGOS GEOMORFOLOGICOS

Corresponde al amplio sector de círculo que está comprendido entre el anfiteatro de Las Cañadas, por el norte, y el mar, por el sur; los límites laterales son radios del sector circular que pasa aproximadamente por las poblaciones de Guía de Isora y Arico (Fig. 14).

Esta zona tiene una superficie poco accidentada que desciende gradualmente desde el semicírculo de cumbres de Las Cañadas hasta la cota de los 300-400 m, con una pendiente media de 10-15° en todo el tramo; a partir de aquí se transforma en una orla litoral poco inclinada que, gradualmente, alcanza la línea de costa. La única ruptura importante de la regularidad se da en los prominentes relieves de Adeje-Valle de San Lorenzo, que forman "islas" de basaltos antiguos de la Serie I rodeadas por materiales mucho más jóvenes.

La red de barrancos tiene tendencia radial, pero la región de cabecera queda decapitada por la pared de Las Cañadas. Esta red está poco encajada, en general, y ello puede ser debido no sólo a causas climáticas (baja pluviosidad de la vertiente sur de la Isla) sino también a la supresión, tras la formación de Las Cañadas, de la zona de cumbres "natural", en donde la acumulación de nieve y hielo hubiera podido contribuir a la alimentación de este grupo de cauces.

### 2. RASGOS GEOLOGICOS GENERALES

La personalidad geológica de esta zona proviene básicamente de cuatro circunstancias:

- a) Predominio de materiales fonolíticos en la parte alta de la secuencia estratigráfica.
- b) Presencia, en posición meridiana, del eje estructural Sur, que, aunque incipientemente desarrollado, es uno de los tres principales de la Isla.
- c) Ruptura, al formarse la depresión de Las Cañadas, de la conexión original con los ejes estructurales NE y NO, que ahora quedan incluidos en otra cuenca hidrogeológica.
- d) Existencia en el subsuelo de temperaturas anormalmente elevadas y de gases.

A continuación son comentados un poco más ampliamente los cuatro puntos anteriores:

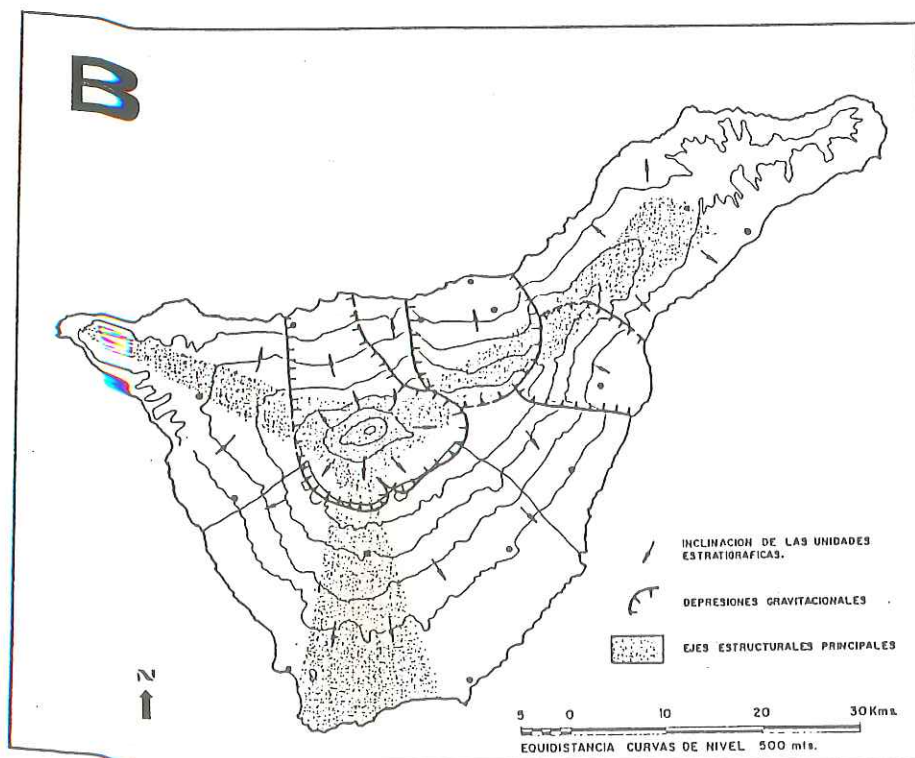
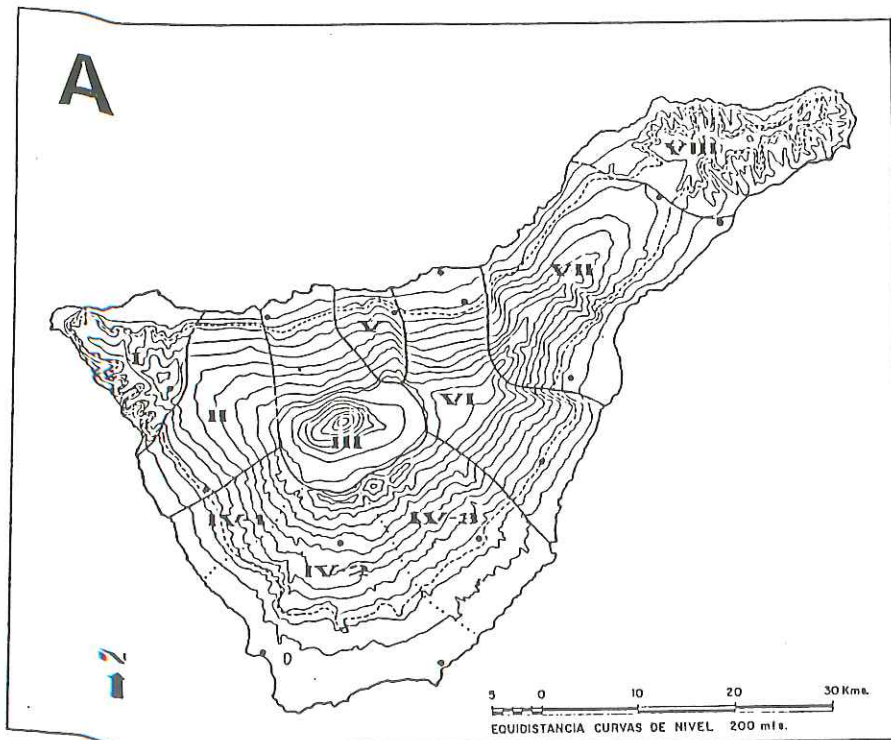


Fig. 14.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

1 - Las lavas fonolíticas forman una amplia orla en la periferia externa del anfiteatro y su espesor puede superar los 500 m; también invaden la región de medianías. Se apoyan en la Serie Basáltica II y tienen algunas intercalaciones de materiales de otra composición, siendo en el ámbito del eje estructural Sur donde estas intercalaciones alcanzan mayor número y volumen. La relevancia de las fonolitas proviene de su permeabilidad primaria muy baja, en fuerte contraste con la de los restantes materiales de la secuencia postmiocena, por lo que la presencia de una formación tan potente como ésta introduce en el subsuelo insular un factor de heterogeneidad considerable.

2 - El eje estructural Sur, que apenas resalta morfológicamente sobre los terrenos adyacentes, se manifiesta en superficie por la presencia de un elevado número de conos de cinder muy dispersos espacialmente. La actividad magmática de esta estructura, hoy día latente, ha dado origen a lavas y piroclastos de naturaleza basáltica y traqibasáltica cuyo espesor disminuye rápidamente hacia ambos lados del eje. Estos materiales, altamente permeables, se encuentran intercalados con las fonolitas impermeables y, en consecuencia, en el ámbito del eje Sur existe un medio físico sumamente heterogéneo y anisótropo que, al menos en la parte alta de la secuencia estratigráfica, difiere radicalmente de los terrenos adyacentes, lo cual queda reflejado de forma clara en las captaciones de agua. En el momento en que fue realizado el inventario de captaciones del SPA-15, la profundidad de las galerías de este sector no era grande y, por tanto, los datos contenidos en el inventario no permiten conocer las características del eje en profundidad: densidad de la red filoniana, importancia de la fisuración secundaria, etc.

3 - La formación de Las Cañadas, acaecida hace unos 150 ó 200 mil años, ha significado la decapitación de la región de cumbres primitiva de la Isla. Tal ruptura de la continuidad del relieve ha tenido algunas consecuencias en la zona que estamos considerando:

a) Han desaparecido las franjas de alta permeabilidad correspondientes a las porciones más elevadas de los ejes estructurales NE y NO, y sus niveles profundos forman parte ahora de otra cuenca hidrogeológica.

b) El flujo subterráneo del agua en el centro de la Isla ha sido modificado, y ahora tiende a estar dirigido hacia el norte.

c) Han disminuido las posibilidades de recarga al ser suprimida la escorrentía que procedía de una región de cumbres que, sin duda, estaba parte del año cubierta de hielo o nieve, como actualmente lo está el Teide.

4 - Las anomalías térmicas del subsuelo, encontradas en gran número de galerías de la Isla, son particularmente acusadas en esta zona en lo que se refiere a magnitud (a veces superior a 40°C) y extensión del área afectada.

Su presencia no está relacionada con una formación estratigráfica determinada, ya que afectan tanto a las fonolitas de la Serie Cañadas, como a los basaltos de las Series I y II o al mortalón. El comportamiento mecánico de los materiales tampoco parece influir en ellas, pues las hay tanto en rocas plásticas (como el mortalón) como en rocas rígidas (lavas compactas y diques).

Más exactamente, las temperaturas elevadas aparecen casi siempre en terrenos de baja o muy baja permeabilidad que, además, se encuentran situados alrededor de la porción central de la Isla; esta porción central es precisamente la zona de generación de materiales diferenciados (fonolitas, traquitas) por lo que hay una elevada probabilidad de que exista en ella una cámara magmática instalada en un nivel somero de la corteza, es decir, a una profundidad de 5-10 km (o incluso menor) bajo la región central. La anomalía térmica que induce en el subsuelo tal volumen de magma se propaga por conducción, pero en los terrenos de permeabilidad alta o moderada se encuentra contrarrestada por la circulación de aguas meteóricas frías; cuanto mayor sea el volumen de agua subterránea circulante y más rápida su velocidad, menor influencia térmica ejercerá el gradiente geotérmico sobre el acuífero, y viceversa.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el hallazgo de temperaturas altas en el subsuelo puede tener un importante valor diagnóstico sobre la permeabilidad (baja-nula), sobre todo en la vertical del terreno afectado, puesto que el sentido de transmisión del calor es, grosso modo, de abajo a arriba; en el caso de una perforación horizontal, en cambio, no puede excluirse que a cierta distancia tenga lugar un cambio en la estructura y de nuevo se encuentren zonas permeables.

### 3. DIVISION EN SUBZONAS

La variabilidad de los caracteres geológicos dentro de la zona, y en particular la presencia del eje estructural Sur, imponen diferencias substanciales en el modo de circulación del agua subterránea, por lo que se hace aconsejable introducir una división en tres subzonas:

- En las subzonas 1 y 3, situadas en los extremos occidental y oriental, las fonolitas de la Serie Cañadas son relativamente poco potentes y quedan por encima del nivel saturado del acuífero; la unidad estratigráfica en donde se producen los alumbramientos (poco importantes, en cualquier caso) es la Serie Basáltica II. Casi todas las galerías han encontrado terrenos con alta temperatura, lo que obstaculiza

el avance.

- La subzona 2, que ocupa una posición central, es el dominio del eje estructural Sur. Al contrario que en las otras dos subzonas, las lavas fonolíticas (muy poco o nada permeables) están intercaladas con basaltos y traquibasaltos (de permeabilidad moderada o alta), y todo este conjunto, potente y heterogéneo, queda incluido en la zona saturada del acuífero; los alumbramientos tienden a ser bastante persistentes, mientras que los caudales obtenidos dependen de la proporción relativa entre las lavas fonolíticas (estériles) y las lavas basálticas y traquibasálticas (productivas).

#### 4. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

##### 4.1. SERIE BASALTICA I

Aflora en un sector de relieve muy abrupto comprendido entre Adeje y Arona (Bco.del Infierno, Roque del Conde, etc.), así como en algunas elevaciones, dispersas entre Valle San Lorenzo y Los Cristianos, que han quedado aisladas entre sí al ser rodeadas por lavas jóvenes.

Al igual que en otros macizos antiguos de la Isla, está constituida por numerosas lavas basálticas que se apilan e imbrican lateralmente, entre las que se encuentran algunos horizontes piroclásticos; el conjunto buza ligeramente hacia el sur. La red de diques basálticos observable en superficie es muy poco densa, con direcciones que varían entre N-S y NNE-SSO, en coincidencia con la directriz general del eje estructural en cuya proximidad se encuentran los afloramientos. Además de la red filoniana basáltica, hay algunos pitones fonolíticos, también antiguos, que resaltan morfológicamente en el paisaje (Roque de Jama, por ejemplo).

Desde el punto de vista hidrogeológico, estos terrenos están fuertemente alterados y compactados, y la permeabilidad de conjunto parece extremadamente baja. En consecuencia, apenas se han realizado intentos de perforación en ellos, a pesar de que el relieve escarpado garantiza fuertes monteras con pocos kilómetros de avance horizontal.

La forma en que estos relieves se continúan en el subsuelo es totalmente desconocida. Hacia el NNO no vuelven a aflorar, o a ser intersectados por galerías, hasta la proximidad del Macizo de Teno, a más de 15 km de distancia. Hacia el NE es todavía mayor el intervalo espacial en que se carece de información, pues sólo aparecen en el fondo de la galería Gambuezo de Tamadaya (Arico), en donde la Serie I es también impermeable.

#### 4.2. SERIE BASALTICA II

Inversamente a lo que sucede con la Serie I, es bien conocida en los márgenes NO y NE (subzonas 1 y 3), pero se carece por completo de información referente a ella en la porción central (subzona 2).

En la Subzona 1 está integrada por una potente sucesión de lavas, de composición más bien traquibasáltica, que hacia el techo pasan a fonolitas de la Serie Cañadas. Esta secuencia ha experimentado un cierto grado de compactación y alteración que ha reducido el volumen de huecos primarios, con lo que la permeabilidad actual tiende a ser baja; no obstante, existen ocasionales niveles algo más conductivos que, en general, coinciden con lavas de tipo pahoehoe. La red de diques es relativamente poco densa, a pesar de lo cual contribuye eficazmente a frenar el flujo horizontal del agua subterránea, al menos a juzgar por la información contenida en las fichas del SPA-15.

En la Subzona 3 esta unidad tiene un carácter algo diferente: son lavas esencialmente basálticas, muy cristalinas, sin apenas intercalaciones de sedimentos o piroclastos, y con un grado de compactación y alteración sólo moderado. La permeabilidad es, consecuentemente, algo mayor que en la subzona anterior, es decir, entre moderada y baja. La malla de diques, poco densa, tiene dirección predominante N-S; la actividad intrusiva que la ha generado hay que atribuirla al emplazamiento del eje estructural secundario de la adyacente Zona VI. Estos diques, aunque poco numerosos, ejercen un notable efecto de barrera en el flujo subterráneo del agua.

En la Subzona 2, que es el área en donde mayor potencia alcanzan las formaciones emitidas con posterioridad a la Serie II, no se posee información subterránea que permita definir las características de esta última unidad, al menos sobre la base de los datos registrados por el SPA-15 en 1973. Es posible que ya la hayan alcanzado algunas galerías que han adelantado sensiblemente el frente en los últimos años, por lo que sería esencial recoger nueva información que complete esta laguna de conocimiento.

#### 4.3. SERIE CAÑADAS

Está representada mayoritariamente por materiales de composición fonolítica (lavas y piroclastos) que fueron emitidos en una zona central de cumbres situada, en su mayor parte, en lo que hoy día es la depresión de Las Cañadas. La principal concentración de centros de emisión parece haber estado ubicada entre Boca de Tauce y los Roques de García, ya que en este sector es máximo el número de diques y pitones fonolíticos que afloran en superficie.

La dispersión espacial de los productos de esta serie es muy diversa según se trate de las lavas o de los piroclastos. Las lavas, muy viscosas, no suelen alejarse del punto de salida más de unos pocos kilómetros y, en consecuencia, predominan en el borde externo del anfiteatro de Las Cañadas, es decir, en las regiones de cumbres y medianías. El espesor de la sucesión lávica tiende a disminuir en sentido cumbre-mar, mientras que lateralmente alcanza un máximo (no inferior a 500 m) en el sector Boca de Tauce-Guajara, y desde aquí disminuye hacia el NE y hacia el NO, aunque con fluctuaciones.

Cada colada fonolítica tiende a ser muy potente (5-10 m en general), compacta y sin las escorias de base y techo que tanto realzan la permeabilidad de basaltos y traquibasaltos; en lugar de escoria existe una delgada base brechoide con pocos huecos interconectados. Son, pues, elementos muy poco permeables, y su capacidad de almacenamiento puede considerarse insignificante; sin embargo, ocasionalmente aparecen grandes fisuras secundarias que, aunque en forma localizada, facilitan la circulación vertical del agua.

Los piroclastos de la Serie Cañadas totalizan un volumen considerable, muy superior al que existe en las restantes series estratigráficas; esto se debe a la mayor explosividad asociada a las emisiones de composición fonolítica, en donde la proporción de volátiles es alta. En unos casos son mantos de proyección aérea ("pumice-fall") que, aunque de reducido espesor (< 1-3 m), alcanzan una gran dispersión areal, medible en cientos de km<sup>2</sup>, lo que en ocasiones les da un cierto valor como niveles-guía; otras veces son flujos piroclásticos, más localizados espacialmente y más potentes, generados en erupciones extremadamente destructivas. Tanto unos como otros son fácilmente erosionables y apenas se han conservado en los sectores de fuerte pendiente de la periferia de Las Cañadas; la acumulación actual más importante se encuentra en la orla costera, en donde han sido registradas más de 50 unidades eruptivas diferentes.

#### 4.4. SERIES RECIENTES DEL EJE SUR

A efectos hidrogeológicos, son agrupados bajo esta denominación común todos aquellos piroclastos y lavas, de edad posterior a la Serie II, que han sido emitidos a través de centros eruptivos situados en el ámbito del eje estructural Sur. Este conjunto de materiales, de naturaleza basáltica y traquibasáltica, alcanza su mayor desarrollo en la subzona 2 para luego adelgazarse gradualmente hacia ambos lados.

El lapso de edad abarcado por los productos del eje es bastante amplio y, según los criterios de sucesión cronológica establecidos por Fuster et al (1968), estaría comprendido entre la Serie Cañadas y la Serie Basáltica IV. Sin embargo, en esta zona hay una imbricación extrema de materiales que,



aunque de diferente composición, han sido emitidos en el mismo momento, por lo que carece de sentido hacer una diferenciación en "series" sobre la base de la composición química. Lo que sí existen dentro del mismo periodo de tiempo son "zonas de actividad": fonolítica, traquibasáltica y basáltica. En el eje estructural Sur, los centros de emisión basálticos tienden a estar localizados en el extremo más alejado (entre Vilaflor y el mar), los traquibasálticos ocupan el segmento comprendido entre Vilaflor y Las Cañadas y, finalmente, los fonolíticos son exclusivos del ámbito de intersección de los tres ejes principales de la Isla, en la zona central de cumbres hoy desaparecida.

Aunque los centros de emisión están distribuidos de un modo más o menos ordenado de acuerdo con su composición química, no ocurre lo mismo con los productos (lavas y piroclastos) extruidos a través de ellos; en efecto, estos productos pueden alejarse mucho del punto en que han sido emitidos e invadir zonas composicionalmente distintas, por lo que el resultado final es una superposición de lavas y piroclastos de todas las composiciones.

Lo más importante, desde el punto de vista del comportamiento hidrogeológico, es que tanto los basaltos como los traquibasaltos apenas han experimentado compactación y alteración. Las escorias de base y techo de las lavas, y también las acumulaciones piroclásticas, conservan una buena interconexión entre sus huecos que otorga a estos materiales una permeabilidad entre moderada y muy alta, dependiendo de la edad; ésto contrasta fuertemente con la baja permeabilidad de las fonolitas que están intercaladas entre ellos.

## 5. CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE LAS SUBZONAS

### 5.1. SUBZONA 1

Uno de sus rasgos más significativos es la ausencia de eje estructural, es decir, de una región con alta concentración de diques y fisuras secundarias abiertas; el eje original queda incluido en la cuenca hidrogeológica de Las Cañadas. Solamente en el subsuelo de la región de cumbres se encuentra un cierto número de diques, si bien en una densidad que habitualmente corresponde a la zona marginal del eje y que, por tanto, no está acompañada de una fisuración secundaria relevante; estos diques, aunque poco numerosos, juegan un importante papel de freno en el flujo horizontal del agua, por lo que el nivel freático se sobreeleva, aumentando el espesor de la zona saturada.

#### 5.1.1. Unidades hidrogeológicas

Las unidades estratigráficas, que buzan suavemente hacia

el mar, pueden ser agrupadas en los siguientes conjuntos hidrogeológicos:

- **Zócalo impermeable:** Está constituido previsiblemente por la Serie I, que aunque no ha sido cortada por ninguna galería, debe encontrarse en algún nivel del subsuelo, por analogía con puntos próximos. Es posible que también formen parte del zócalo los niveles más bajos de la Serie II.

- **Acuífero:** La formación en donde se encuentra la zona saturada del sistema hidráulico es la Serie II. Está integrada por un paquete de traquibasaltos plagioclásicos cuya permeabilidad oscila entre valores moderados, en los niveles superiores de la secuencia, y valores bajos o muy bajos en los niveles inferiores, en donde, significativamente, son elevadas las temperaturas del subsuelo. Los valores de permeabilidad parecen decrecer de O a E, en coincidencia con el aumento de espesor de la montera fonolítica suprayacente. El nivel freático está sobre-elevado, cerca de la región de cumbres, a causa de la presencia de algunos diques verticales, orientados transversalmente con relación al flujo horizontal del agua; esta circunstancia determina un aumento substancial en el espesor de la zona saturada y, por tanto, en el volumen de reservas disponible.

- **Zona de circulación libre:** La parte alta de la secuencia estratigráfica que se sitúa por encima de la superficie freática, está formada por niveles de techo de la Serie II y por un conjunto de materiales heterogéneos en composición (fonolitas y traquibasaltos), con espesor superior a 500 m. El interés de este conjunto queda reducido a la presencia de algunos acuíferos colgados, de caudal fluctuante pero escaso, en general, que están alimentados por la recarga natural.

### 5.1.2. Recarga

La que procede de la infiltración de aguas meteóricas no debe alcanzar valores importantes, por dos razones: 1) baja pluviosidad, que no supera los 500 mm en la región de cumbres, y 2) presencia de horizontes impermeables en o cerca de la superficie, representados sobre todo por lavas fonolíticas, que obstaculizan la circulación vertical del agua y la obligan a seguir una trayectoria oblicua que beneficia a sectores más próximos al mar.

Otra procedencia para la recarga del sistema podría ser la alimentación indirecta desde el reservorio de Las Cañadas, pero tampoco en este caso parece tener una importancia significativa, ya que los materiales que se encuentran en el contacto con esta última cuenca tienen una permeabilidad muy

baja, al menos en el nivel de la zona saturada. Esto viene apoyado por los escasos o nulos caudales de galerías cuyo frente se encuentra no sólo cerca de la depresión de Las Cañadas, sino también a una cota muy inferior a la del nivel freático del interior de la depresión.

### 5.1.3. Galerías Existentes

La mayor parte de las perforaciones se encuentran ubicadas por encima de la cota 800 y en el ángulo NO de la subzona, en un sector de barrancos encajados que garantizaron la obtención rápida de buenas monteras. La concentración de galerías en este sector es anormalmente alta, a pesar de lo cual muchas de ellas han obtenido caudales moderados que, en su mayor parte, proceden del drenado de aguas retenidas por diques. Como consecuencia de este agrupamiento excesivo de explotaciones, la superficie freática ha experimentado una considerable depresión.

La historia de los alumbramientos realizados durante el avance de las perforaciones, es bastante similar en todas ellas:

- 1) En los primeros 1.000 m suelen ser intersectados uno o varios pequeños acuíferos, instalados en niveles traquibasálticos y colgados sobre un almagre, un nivel fonolítico compacto o una combinación de ambos; otra situación frecuente es el drenaje indirecto de un acuífero colgado que, aunque situado a mayor cota que la galería, comunica con ésta por medio de una fisura secundaria que secciona las fonolitas impermeables de la base del acuífero.
- 2) La superficie freática (real o virtual) suele ser intersectada en las lavas de la Serie II y antes de los 2 km de profundidad. A partir de este momento, es alumbrada agua de una manera discontinua, dada la heterogeneidad de los materiales; los caudales son siempre bajos (no superiores a unos cuantos l/sg y tienden a agotarse a causa del gradual retroceso de la superficie freática hacia el frente, por lo que hay que reperfurar para mantener las extracciones.
- 3) Al acercarse el frente a la región de cumbres, y al mismo tiempo que se gana montera, comienzan a ser cortados diques. Algunos de ellos son impermeables y sobreellevan el espesor de la zona saturada; al pasar cada uno de ellos suelen ser alumbrados caudales moderados (unas pocas decenas de l/sg) que disminuyen en forma logarítmica con el tiempo, durando el pico algunas semanas.
- 4) A pesar de los ocasionales aumentos de caudal que se producen al cortar diques impermeables, tanto el

número como la importancia de los alumbramientos tiende a disminuir en las zonas profundas (a más de 2.5 km de bocamina, por dar una cifra orientativa) y, paralelamente, aumenta la temperatura del subsuelo; ambas circunstancias revelan que la permeabilidad de la Serie II, no muy elevada en los tramos anteriores, tiende a disminuir considerablemente con la profundidad.

5) Algunas galerías (El Junquito y Niágara, por el momento), avanzan más allá del tramo profundo de conductividad muy baja o nula, y entran en el reservorio de Las Cañadas (Zona III), en donde pueden obtener caudales impresionantes (más de 150 l/s en El Junquito). Estas extracciones, al contrario de lo que sucede con los alumbramientos de dique, tenderán a ser persistentes.

Este denso agrupamiento de galerías, cuyos frentes se encuentran ya en el zócalo de permeabilidad muy baja o nula, o cerca de él, ha extraído la mayor parte de las reservas contenidas por encima de la cota de los 700-800 m, ocasionando una fuerte depresión del nivel freático. Como, por otra parte, la recarga es extremadamente baja, no es de esperar que aumenten los caudales aunque prosigan las perforaciones, salvo que las galerías cambien de zona y entren en el reservorio de Las Cañadas, como ya ha tenido lugar en el caso de Niágara y El Junquito. No todas ellas están en condiciones de intersectar el gran reservorio, ya que esto depende de la cota de emboquillamiento; en el plano de Ref.3.3.2. se expone la probabilidad que tiene cada galería de alcanzarlo.

Otro grupo de captaciones es el situado en la franja de tránsito a la subzona 2 (Fte. del Ingenio, La Viña y Los Bebederos), cuya historia extractiva difiere sensiblemente de la del anterior. Al igual que en aquel, atraviesan la Serie Basáltica II y han alumbrado agua en ella, pero a pesar de haber realizado perforaciones bastante profundas (entre 3.000 y 4.000 m) los caudales obtenidos han tenido un carácter discontinuo y un volumen medio escaso: nunca más de 3-4 l/s, y con frecuencia inferior a 1 l/s. En todas ellas hay temperaturas elevadas, lo que unido a los escasos volúmenes de agua obtenidos, sugiere que la Serie II posee en esta franja menor permeabilidad que en el sector anterior. Esto último tiene dos consecuencias:

1) Las perspectivas de aumentar las extracciones mediante reperfusión son escasas.

2) En el tránsito entre las subzonas 1 y 2, el acuífero tiene muy poca difusividad, y a efectos prácticos puede considerarse insignificante la conexión hidrogeológica entre ambas subzonas.

## 5.2. SUBZONA 2

El rasgo más distintivo es la presencia del eje estructural Sur, a través del cual ha sido emitido un gran volumen de materiales basálticos y traquibasálticos que se intercalan con lavas fonolíticas procedentes de la región de cumbres. Este conjunto heterogéneo es tan potente que queda incluido en la zona saturada del acuífero.

La estructura profunda es desconocida, pues las galerías no llegan a atravesar totalmente la secuencia anterior, al menos según los datos contenidos en las fichas del SPA-15. Por ello, no se conoce la naturaleza ni el papel hidrogeológico de la Serie Basáltica II, si bien en los sectores inmediatamente adyacentes (que pertenecen a las subzonas 1 y 3) tiene una permeabilidad que oscila entre baja y muy baja.

El acuífero es extraordinariamente heterogéneo a causa de la superposición e imbricación lateral de materiales con comportamiento hidrogeológico muy contrastado: 1) fonolitas, muy poco o nada permeables, y 2) basaltos y traquibasaltos, de permeabilidad variable entre moderada y alta.

### 5.2.1. Recarga

Parece ser más importante en esta subzona que en las contiguas. La infiltración del agua meteórica es eficaz a causa de la presencia en superficie de lavas escoriáceas jóvenes que no permiten la escorrentía superficial; el recorrido vertical del agua está obstaculizado, en cierto modo, por las intercalaciones de lavas fonolíticas, si bien al formar éstas horizontes discontinuos, no queda totalmente impedido el acceso a la zona saturada.

Sobre la alimentación indirecta procedente del reservorio de Las Cañadas, hay menos información. Los terrenos que afloran en la pared de la depresión parecen fuertemente impermeables, al estar constituidos sobre todo por pitones fonolíticos y rocas alteradas hidrotermalmente; sin embargo, no puede excluirse que en profundidad existan fisuras secundarias abiertas, de dirección N-S, inducidas por la actividad del eje estructural Sur. La elucidación de este punto exige más investigación del subsuelo.

### 5.2.2. Galerías existentes

Son relativamente poco numerosas, están dispersas y no suelen superar los 3 km de longitud salvo en el caso de Tapaditos del Ebro, que alcanza casi 5.000 m .

La historia de los alumbramientos es bastante similar en todas las galerías y refleja la gran heterogeneidad del acuí-

fero:

1) En los primeros 1.000 m de perforación pueden ser extraídos caudales muy pequeños (no superiores a 1 l/s), procedentes de niveles colgados sobre lavas fonolíticas compactas; la recarga procede directamente de la infiltración del agua meteórica, por lo que los alumbramientos están sujetos a variaciones estacionales.

2) La superficie freática es intersectada entre los 1.500 y 2.000 m. A partir de este momento, la posibilidad de encontrar agua depende exclusivamente de que se atraviesen lavas fonolíticas, impermeables y por tanto estériles, o bien horizontes de naturaleza basáltica y traquibasáltica, que son materiales con buena porosidad eficaz en las escorias de base y techo de cada colada.

3) Las cantidades de agua obtenidas son función de la proporción relativa entre los materiales anteriores, oscilando entre 0, en el caso de que la galería sólo encuentre fonolitas, y 70-75 l/s si lo que predominan son los basaltos y traquibasaltos; los caudales medios tienden a ser de 15-25 l/s a causa de la alternancia de ambos tipos de terrenos.

4) Los alumbramientos son siempre "de capa" al no existir diques transversales al flujo que actúen como barreras, si bien puede haberlos paralelos, dada la orientación N-S del eje estructural. Los caudales tienden a disminuir muy lentamente, al mismo tiempo que la superficie freática se retira hacia el frente, y bastan reperforaciones de pocos metros para mantenerlos; la galería Topo y Chija, por ejemplo, está manteniendo extracciones de 50-75 l/s desde hace más de 15 años con una reperforación media de 25-30 m/año.

Sobre las perspectivas de futuro de estas captaciones es muy aventurado hacer pronósticos sin actualizar previamente la información geológica e hidrogeológica pues, como se mencionaba anteriormente, contando sólo con las fichas del SPA-15 no es posible conocer: 1) el espesor total de las formaciones que ahora dan agua, 2) la naturaleza y comportamiento de la Serie II, y 3) la importancia en profundidad de los diques y fisuras secundarias. Con todo, no parece que a medio plazo vaya a producirse una merma substancial en los volúmenes de agua extraídos actualmente.

### 5.3. SUBZONA 3

El subsuelo de esta subzona tiene unas características similares a las de la contigua Zona VI en cuanto a estratigrafía y estructura, al menos en los niveles de las series I y II; las diferencias más importantes con respecto a aquella,

son:

- En el límite entre ambas zonas, comienza una cobertera de lavas fonolíticas sobre la Serie II cuyo espesor aumenta progresivamente hacia el O.
- Paralelamente al aumento en espesor de la cobertera fonolítica, la Serie II parece experimentar una reducción de la permeabilidad, debido tal vez a un incremento en el grado de compactación de los materiales.
- A partir de cierta profundidad, todas las explotaciones encuentran calor y /o gases en el subsuelo, lo cual es sintomático de escasa permeabilidad, en el primer caso, y obstáculo al desarrollo de los trabajos de perforación, en el segundo.

### 5.3.1. Unidades Hidrogeológicas

El zocalo impermeable está constituido por la Serie I y, tal vez, por los niveles inferiores de la Serie II. La Serie I ha sido intersectada en el fondo de la galería Gambuezo de Tamadaya a lo largo de más de 1.000 m; aunque está muy dislocada y cortada por diques, la permeabilidad es nula y la temperatura del subsuelo supera los 40°C. La Serie II, cuya permeabilidad disminuye en forma gradual hacia el O, parece incorporar progresivamente al zócalo sus niveles inferiores y, en consecuencia, el basamento impermeable tiende a estar más cerca de la superficie al avanzar en esa dirección.

El acuífero se encuentra dentro de la Serie Basáltica II, cuya conductividad hidráulica varía tanto con la profundidad como en sentido E-O:

- Cerca del límite con la Zona VI, la permeabilidad es moderada en los niveles estratigráficos superiores y baja en los inferiores.
- Cerca de la subzona 2 es baja en los niveles superiores y muy baja o nula en los inferiores, que quedan así incorporados al zócalo impermeable. La superficie freática adquiere un fuerte gradiente al ser frenado el flujo horizontal del agua subterránea por algunos diques de dirección N-S, detrás de los cuales hay importantes volúmenes de agua, dado que la capacidad de almacenamiento de la Serie II es moderada.

La zona libre está constituida, sobre todo, por la secuencia de lavas fonolíticas y un cierto número de intercalaciones basálticas y traquibasálticas; también entran a formar parte de ella los niveles superiores de la Serie II. Según las fichas del SPA-15, no hay acuíferos colgados dentro de la zona libre; en ello puede influir la escasez de precipita-

ciones del sector.

### 5.3.2. Recarga

De las tres subzonas, ésta es la que tiene valores más bajos de pluviosidad en la zona de cumbres, con un mínimo de 300 mm/año (Lamina TE-3.1, Informe SPA-15). Por otra parte, y al igual que en la subzona 1, la presencia de lavas fonolíticas cerca del techo de la secuencia dificulta la infiltración y favorece la escorrentía superficial.

La alimentación indirecta desde el reservorio de Las Cañadas tampoco parece importante, como está sugerido por la baja permeabilidad de los materiales que afloran en la pared de la depresión y por la ausencia de recuperación en los caudales extraídos por las captaciones.

### 5.3.3. Galerías existentes

Son muy escasas y dispersas, en lo que sin duda influyen las dificultades representadas por la presencia de calor y gases en el subsuelo. La mayor parte está emboquillada entre las cotas de 700 y 900 m, y sus longitudes apenas rebasan los 3.5 km, salvo en el caso de Gambuezo de Tamadaya, que llega a 5.500 m pese a las adversas condiciones térmicas ( $>42^{\circ}\text{C}$ ).

Esta última galería ilustra bien la situación hidrogeológica que se encuentra durante el avance de la perforación, si bien los caudales alumbrados superan en mucho a los de las restantes captaciones de la subzona:

- 1) Durante el primer tramo, se pasa la cobertera fonolítica sin encontrar acuíferos colgados y se entra en los niveles superiores de la Serie II, que sólo están ligeramente compactados, con permeabilidad moderada.
- 2) La superficie freática, que se encuentra sobreelevada por la presencia de una red filoniana muy poco densa pero eficazmente retentiva, es alcanzada al cortar un dique a los 2.400 m aproximadamente; el caudal inicial es superior a 40 l/s.
- 3) Detrás del dique, el agua está alojada principalmente en la parte escoriácea de las lavas y, como no es muy acentuada la compactación de estos niveles altos de la secuencia, los alumbramientos se producen de una manera casi continua a medida que progresa la perforación hasta llegar a los 3.100 m. En cualquier caso, el descenso inducido por la galería en la superficie freática es de mayor entidad que el aumento de la transmisividad creado por la reperfóración, y el caudal tiende a descender; en estos 700 m de galería, era de 10 l/s tres años



después de cortar el dique, y desapareció finalmente al cabo de 15 años.

4) Dos situaciones similares se producen al atravesar otros diques impermeables, siendo alumbrados en cada uno de ellos caudales de 75 y 60 l/s respectivamente. Sin embargo, después de los 4.000 m la permeabilidad de la Serie II parece bastante reducida y, paralelamente, la temperatura alcanza valores de 30° a 4.100 m y 37° a 4.270 m .

5) A los 4.300 m se entra en Serie I, estéril desde el punto de vista de los alumbramientos, y la temperatura sube por encima de los 42°C.

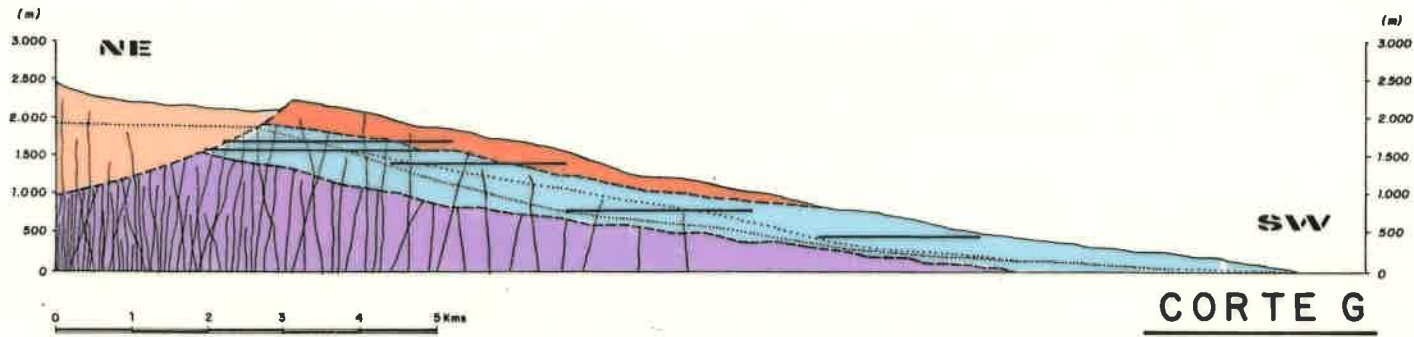
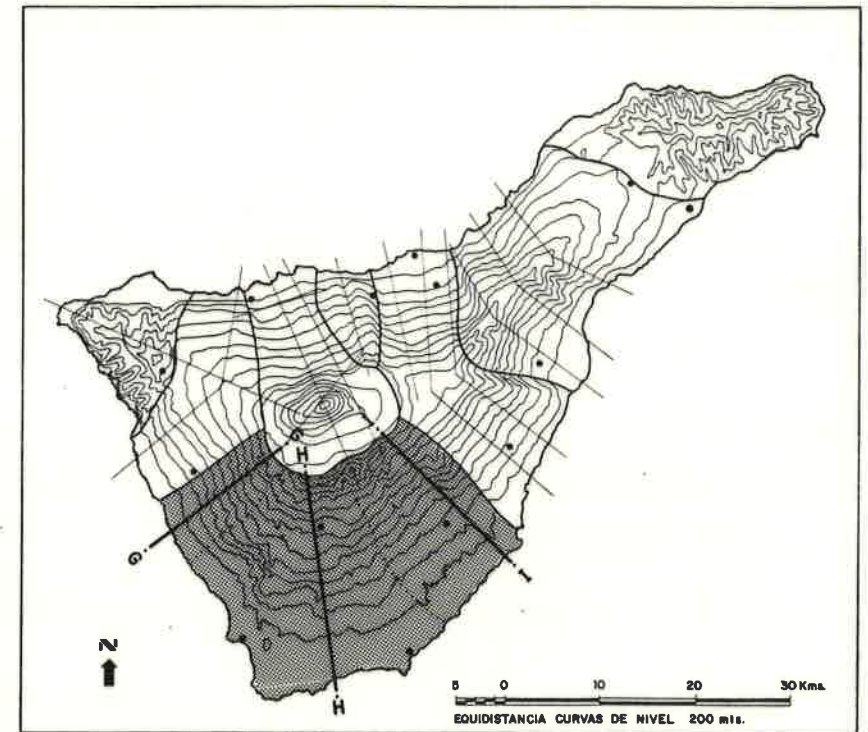
Los caudales de Gambuezo de Tamadaya son los mayores encontrados y pueden representar la situación hidrogeológica del límite oriental, cerca del tránsito a la Zona VI. Sin embargo, los volúmenes de agua extraídos por las diversas galerías tienden a disminuir gradualmente hacia el O, al mismo tiempo que desaparecen los diques. Finalmente, cerca del límite con la subzona 2, los alumbramientos que se producen en cada una de las galerías son muy discontinuos y de escasa entidad (sólo algunos l/s), lo que revela una permeabilidad mucho menor; existe, incluso, alguna galería que, a pesar de haber penetrado más de 3 km en el subsuelo, nunca ha dado agua (El Tesoro).

Con los datos disponibles, las perspectivas de futuro de esta subzona no pueden ser optimistas, ya que:

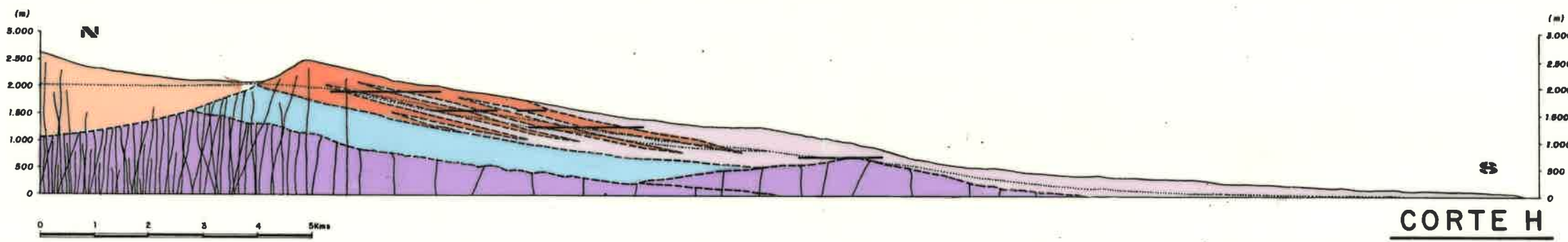
1º - Las galerías existentes han avanzado hasta alcanzar el zócalo impermeable o sus proximidades, por lo que ya ha sido drenada la mayor parte del acuífero situado por encima de la cota de los 700-800 m, que es la cota a que están emboquilladas las galerías más bajas.

2º - La recarga del sistema, ya sea por infiltración del agua meteórica o por alimentación indirecta desde el reservorio de Las Cañadas, parece insignificante.

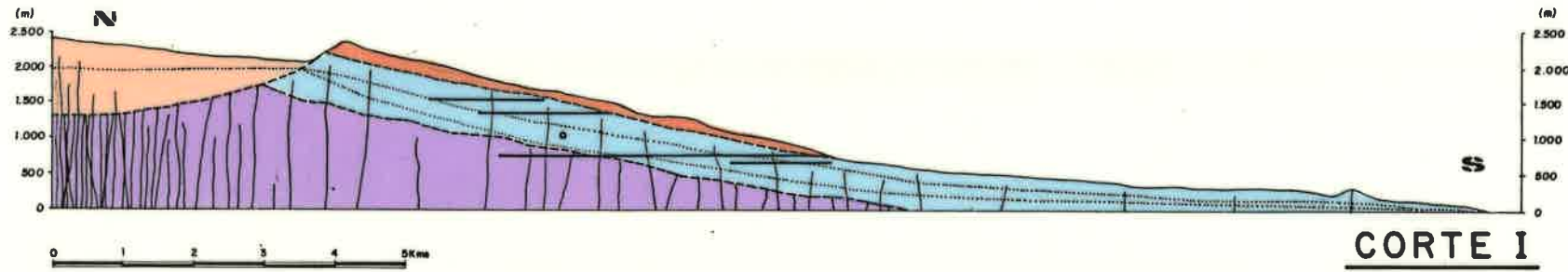
3º - Las elevadas temperaturas del subsuelo son un fuerte impedimento para la continuación de los trabajos de perforación.



**CORTE G**



**CORTE H**

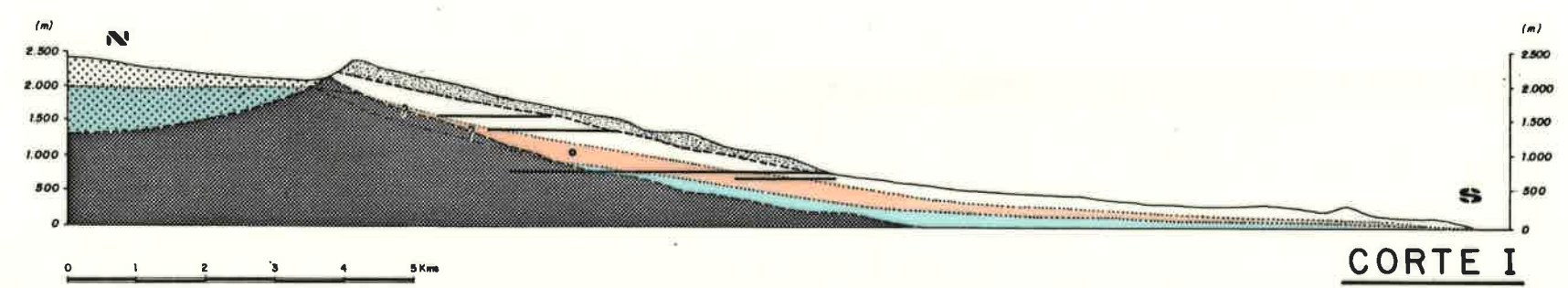
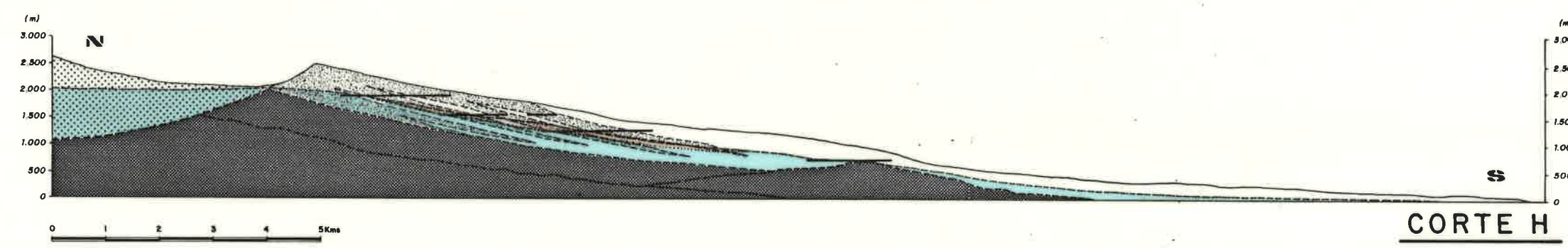
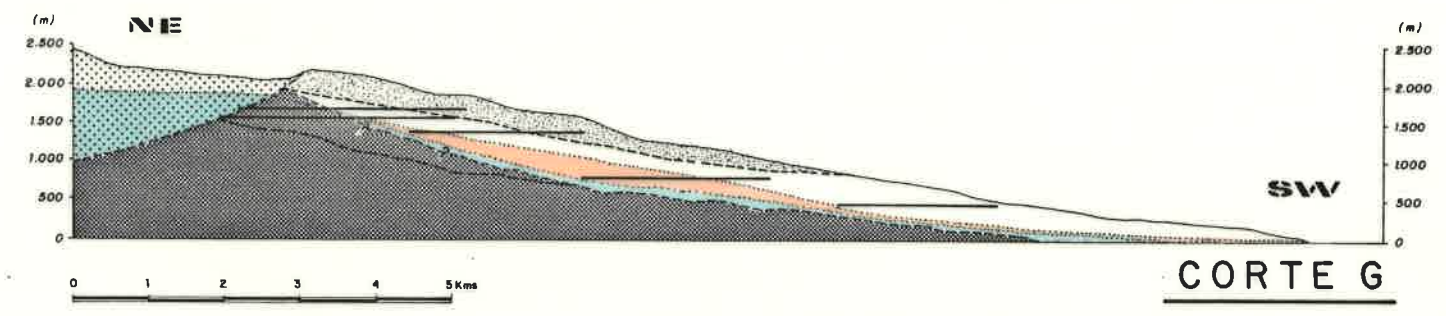
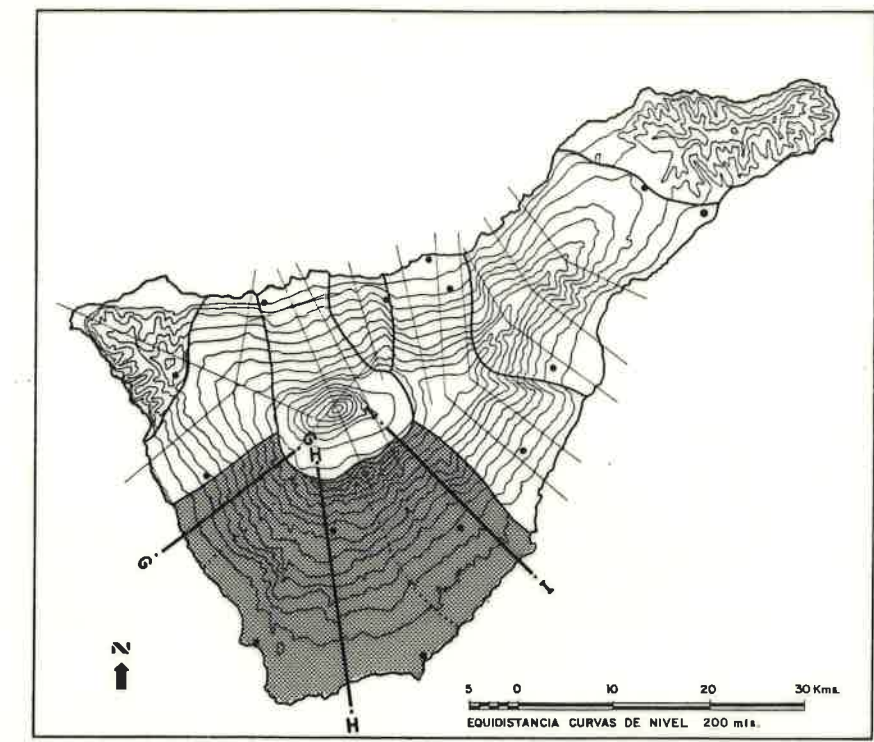


**CORTE I**

**LEYENDA:**

- galería
- ||||| red filoniana
- Complejo Teide-Pico Viejo
- basaltos y traquibasaltos del eje estructural Sur
- fonolitas de la Serie Cañadas
- Serie Basáltica II
- Serie Basáltica I





**LEYENDA:**

- galería
- ..... superficie freática inicial
- superficie freática en 1985
- zona ya drenada
- zona saturada en 1985
- en corte H, basaltos y traquibasaltos con permeabilidad moderada-alta.
- en cortes G e I, basaltos con permeabilidad variable entre moderada y baja.
- relleno muy permeable de las Cañadas
- fonolitas con permeabilidad baja-muy baja
- zócalo impermeable

ZONA V

## ZONA V

### 1. INTRODUCCION

Esta zona se corresponde exactamente con el Macizo de Tigaiga y es, tal vez, la que menos ambigüedades presenta desde todos los puntos de vista: morfológico, geológico e hidrogeológico.

Se trata de un gran bloque tabular, constituido esencialmente por lavas fonolíticas que se apoyan sobre el mortolón. La permeabilidad del acuífero es baja o muy baja, hecho que contrasta fuertemente con la situación de las zonas adyacentes; a pesar de ello son numerosas las galerías que han probado fortuna en el Macizo, extrayendo casi en su totalidad unas reservas que pueden ser calificadas como insignificantes.

### 2. GEOMORFOLOGIA

El Macizo de Tigaiga es un relieve de perímetro trapezoidal que se extiende entre Las Cañadas y el mar, por una parte, y los valles de La Orotava e Icod-La Guancha, por otra, sobresaliendo topográficamente sobre la totalidad de su entorno.

Se encuentra flanqueado por paredes muy escarpadas de traza rectilínea, cuya altura, en ocasiones superior a los 500 m, se prolonga en el subsuelo de las depresiones adyacentes bajo la cobertera de lavas muy recientes. La superficie del macizo es amplia y regular a gran escala, y está suavemente inclinada hacia el mar, donde queda interrumpida por el acantilado costero; más en detalle, está surcada por una red de barrancos que proceden de la zona central de la Isla, pero cuyas cabeceras están decapitadas por las paredes del macizo, lo que evidencia la rapidez de formación de estas últimas.

### 3. SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

Es bien conocida en sus detalles gracias a los trabajos de Bravo (1962) y Coello (1973). La sucesión que establecen estos autores es la siguiente, de más moderno a más antiguo:

- 5) Basaltos recientes
- 4) Fonolitas superiores
- 3) Basaltos intermedios
- 2) Fonolitas inferiores
- 1) Fanglomerado o Mortalón

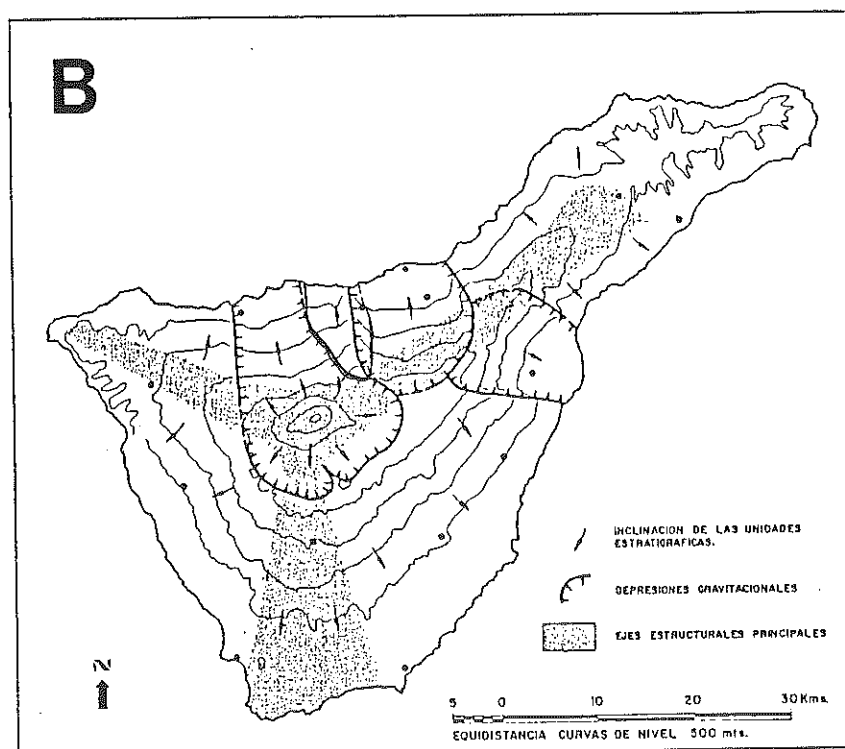
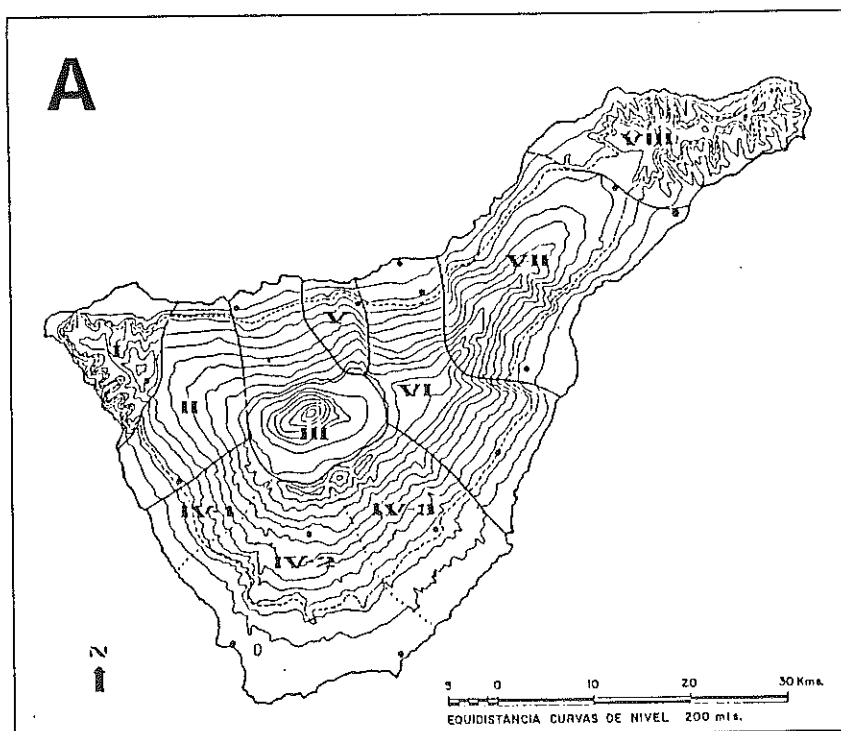


Fig.15.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

### 3.1. MORTALON

Probablemente se extiende en todo el subsuelo del macizo; sus características texturales son similares a las de otras zonas, es decir, se trata de un material brechoide alterado, constituido por cantos y bloques angulosos dispersos en una matriz arcillo-arenosa. Esta unidad, de potencia desconocida, es fuertemente impermeable, tiene un comportamiento plástico y, en general, se encuentra a temperaturas altas en el subsuelo, todo lo cual determina que las galerías no hayan podido perforarlo en su totalidad.

### 3.2. FONOLITAS INFERIORES

Forman un paquete de lavas, con piroclastos pumíticos intercalados, que en total alcanza un espesor de unos 500 m. Los horizontes piroclásticos están muy alterados y compactados y son, en consecuencia, impermeables. Las lavas, aunque de permeabilidad primaria muy baja, están fracturadas o dislocadas a causa, tal vez, de movimientos diferenciales sobre la superficie plástica del mortalón (Bravo, 1962); esta circunstancia les proporciona una cierta permeabilidad secundaria de magnitud baja.

### 3.3. BASALTOS INTERMEDIOS

Constituyen un apilamiento de lavas de tipo aa y pahoehoe cuyo espesor no supera los 200 m. Tienen buena permeabilidad, sobre todo en los horizontes de tipo pahoehoe, pero su papel dentro del sistema hidráulico es muy limitado, al encontrarse, en general, por encima de la zona saturada.

### 3.4. FONOLITAS SUPERIORES

Son poco potentes y conservan una baja permeabilidad primaria, ya que, a diferencia de las inferiores, no están fracturadas. Por ser un nivel estratigráfico somero, queda colgado sobre la superficie freática, y su función hidrogeológica es la de obstaculizar la recarga procedente de las precipitaciones.

## 4. ESTRUCTURA

Las unidades estratigráficas están dispuestas de un modo simple: una superposición tabular, inclinada ligeramente hacia el mar, en donde el espesor de cada unidad presenta pocas variaciones.

El número de diques es muy escaso por encontrarse el Macizo fuera del ámbito de los ejes estructurales, y apenas



influyen en la circulación subterránea del agua.

### 5. CIRCULACION DEL AGUA

El flujo del agua subterránea está condicionado por 1) la presencia del mortalón como zócalo impermeable, y 2) una secuencia suprayacente distribuida en "capas" de conductividad hidráulica variable:

- Fonolitas inferiores, de permeabilidad baja.
- Basaltos intermedios, de permeabilidad moderada.
- Fonolitas superiores, de permeabilidad muy baja.

De las anteriores unidades, sólo las fonolitas inferiores parecen haber estado, o estar actualmente, dentro del nivel saturado. La superficie freática virtual que existía en el Macizo de Tigaiga cuando empezaron a ser perforadas galerías, tenía una pendiente acusada que, aunque similar a la de otros puntos de la Isla, respondía a otras razones. En efecto, mientras que en las Dorsales es debida al efecto barrera de la red filoniana en una roca de caja de permeabilidad moderada o alta, en Tigaiga, donde casi no existen diques, el gradiente hidráulico alto hay que atribuirlo a la baja permeabilidad de las formaciones del acuífero (fonolitas algo fracturadas).

El coeficiente de almacenamiento de estas fonolitas, primariamente muy compactas, debe ser necesariamente bajo, ya que los únicos huecos presentes en ellas son las fracturas secundarias producidas por movimientos diferenciales sobre el horizonte plástico del mortalón.

Por último, el intercambio de agua entre esta zona y las limítrofes, de permeabilidad muy alta, viene también condicionado por la baja conductividad hidráulica de las fonolitas inferiores, que como ya se ha dicho, son las que conforman el acuífero. En consecuencia, cualquier transferencia de agua entre el Macizo de Tigaiga y las zonas colindantes será, necesariamente, muy lenta; de hecho, emerge como un bloque casi estanco en medio de un conjunto muy permeable, contribuyendo así a la heterogeneidad del subsuelo insular.

### 6. CAPTACIONES EXISTENTES

Un hecho que sorprende en la zona de Tigaiga es la alta concentración de galerías perforadas, siendo un Macizo que nunca ha dado caudales importantes.

Muchas de ellas son muy cortas y han sido excavadas solamente para mejorar los caudales de algunos nacientes naturales. A este tipo pertenecen las del acantilado costero y



las que se emboquillan en la pared O del Valle de la Orotava, cerca de la población de Los Realejos. Sus caudales, siempre bajos (<5 l/s), dependen de la recarga natural y no han experimentado fuertes variaciones a lo largo del tiempo.

El grupo más importante de galerías es el que drena en profundidad todo el macizo. Son perforaciones con una longitud media en torno a los 3.000 m, impuesta por la presencia del mortalón, que, como ya se ha dicho, es estéril y difícil de excavar. Una galería-tipo de este grupo intersectaba la superficie fréatica a unos 1500 m aproximadamente, ya dentro de las fonolitas inferiores fracturadas; desde este punto, y hasta llegar al mortalón (a los 3000 m como valor medio), iba dando caudales de 10-20 l/s, que debían ser mantenidos reperforando. De este modo se ha llegado al virtual agotamiento de las reservas acumuladas en el espesor saturado por debajo de la cota 1000-1100 m aproximadamente, y la mayoría de las galerías sólo dan ahora algunas escurriduras, que no superan los 2 ó 3 l/s, en la proximidad del contacto con el mortalón impermeable.

Las dos únicas galerías que pueden seguir reperforando para mantener durante un cierto tiempo sus caudales actuales de 9-10 l/s, son La Unión-La Zarza y Fte. de Pedro II; sus frentes están cerca de la cabecera del macizo, en un área en que la superficie fréatica no ha experimentado todavía un abatimiento sensible, tal vez por recibir aportes desde la zona límite de Las Cañadas.

Hay que mencionar, finalmente, aquellas captaciones que, aunque emboquilladas en Tigaiga, tienen los frentes en otras zonas hidrogeológicas: el valle de Icod (Zona III) y el valle de La Orotava (Zona VI). En la primera parte de su historia siguieron una evolución similar a la descrita para el grupo anterior, pero después, y vistas las escasas perspectivas de alumbrar caudales importantes, dirigieron sus trazas hacia los valles contiguos, en donde la rentabilidad era demostradamente mayor; el éxito o el fracaso de esta estrategia ha dependido, en cada caso, de múltiples circunstancias que son analizadas al hablar de las zonas III y VI.

ZONA VI

## ZONA VI

### 1. INTRODUCCION

La Zona VI está centrada en torno al sector más alto de la Dorsal NE, entre el anfiteatro de Las Cañadas y la Mña. de la Crucita aproximadamente, y se extiende a ambos lados hasta el mar; en la vertiente norte coincide con el valle de La Orotava, y la sur incluye la ladera de Fasnía y El Escobonal.

La estructura del subsuelo difiere mucho de una vertiente a otra, y ambas, a su vez, contrastan con la zona de cumbres. Las diferencias, muy sucintamente esbozadas, son las siguientes:

- El sector de cumbres pertenece al dominio del eje estructural NE y, por tanto, corresponde en el subsuelo a una franja subvertical con elevada permeabilidad pero de comportamiento anisótropo; el acuífero, muy sobreelevado por los diques, tiene una difusividad alta en el sentido longitudinal (NE) y baja en el transversal (es decir, en sentido cumbre-mar).

- La vertiente sur, de pendiente regular, está constituida esencialmente por lavas basálticas de la Serie II, cortadas por un sistema de diques N-S; el acuífero, también sobreelevado por el efecto retentivo de los diques, queda limitado en profundidad por un zócalo impermeable de Serie I.

- La vertiente norte, es decir, el valle de La Orotava, tiene una estructura mucho más simple que los sectores anteriores: lavas jóvenes extremadamente conductivas que se apoyan en un basamento impermeable constituido por el mortalón. El acuífero no está retenido por diques y se verifica un flujo rápido de agua hacia el mar sobre la superficie del mortalón.

### 2. GEOMORFOLOGIA

La zona de cumbres de esta zona es el único segmento de la Dorsal NE en que, en lugar de un relieve a modo de tejado a dos aguas, hay una altiplanicie, conformada por un campo de conos de escorias con morfología bien preservada. El ensanchamiento del sector de cumbres significa un aumento de la distancia a recorrer por las galerías hasta alcanzar el plano axial de la Dorsal y, en efecto, a diferencia de lo que ocurre en la Zona VII, en que las galerías que proceden de ambas vertientes se entrecruzan bajo la línea de cumbres, el subsuelo de la altiplanicie apenas ha sido alcanzado por las perforaciones.

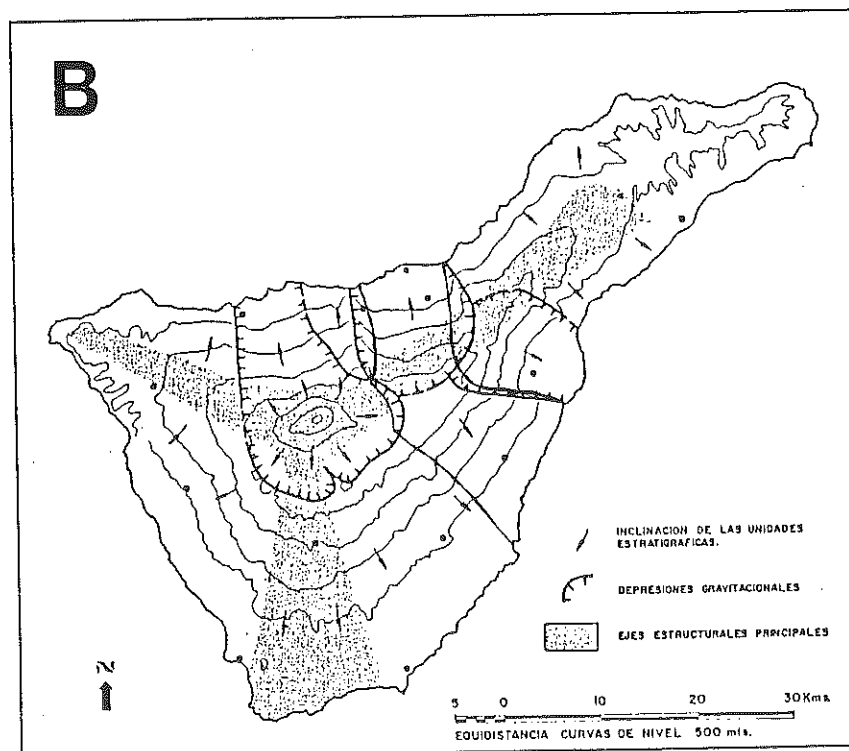
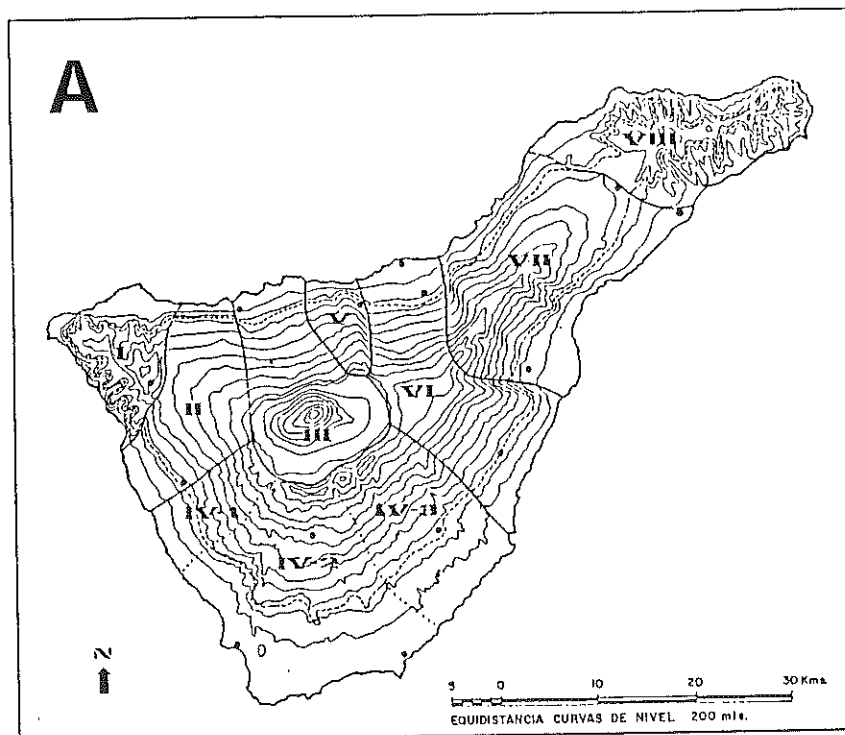


Fig. 16 - Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

Hacia el norte, la llanura somital está interrumpida bruscamente por el anfiteatro de cabecera del valle de La Orotava, que también está limitado en ambos lados por paredes rectilíneas de pendiente próxima a la vertical. En conjunto, el valle tiene forma de cubeta abierta hacia el mar, con una zona de cabecera algo más ancha que la salida y una pendiente que, aunque relativamente suave en las porciones media e inferior, aumenta en la parte alta.

La vertiente sur es un plano inclinado regular, con una pendiente media de 10-15° y una red de barrancos poco encajada; esta plataforma queda cortada hacia el E por la pared casi vertical del valle de Güímar, que alcanza desniveles de 500-600 m y sirve de límite entre las zonas VI y VII.

Otra ruptura importante en la continuidad morfológica es la producida en la región de cumbres por la pared de Las Cañadas, que prosigue en el subsuelo hasta gran profundidad, aunque oculta bajo el gran espesor de lavas que rellenan la depresión.

### 3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

#### 3.1. SERIE BASALTICA I

No aflora en superficie, pero es intersectada en el subsuelo por una decena de galerías, lo que permite reconstruir de forma aproximada su paleotopografía. La superficie de esta formación es una discordancia erosiva muy acentuada que, aunque en forma reducida o a escala, reproduce en profundidad la orografía de la Dorsal: la línea de "cumbres" se extiende entre la cota 1300 en el borde NE de la zona y la 1600 cerca de Las Cañadas.

La Serie I está constituida por lavas y piroclastos basálticos muy alterados y compactados, con gran parte de los huecos originales rellenos por depósitos secundarios de carbonatos y zeolitas; la permeabilidad de estos materiales es extremadamente baja o nula salvo en el ámbito de los ejes estructurales, en donde la intrusión filoniana y la fracturación secundaria determinan una permeabilidad fisural mayor o menor, dependiendo de la posición dentro del eje:

- Fuera del dominio del eje, la conductividad hidráulica es muy baja o nula y la Serie I se comporta como un zócalo impermeable; puede haber diques, pero su edad es antigua y las posibles fracturas han sido selladas, de modo que su presencia no modifica el volumen de huecos interconectados.

- En los márgenes, a ambos lados del núcleo, comienzan a aparecer diques, y en menor proporción, fisuras abiertas, estableciéndose una ligera permeabilidad secundaria que

aumenta progresivamente al acercarse al núcleo.

- En el núcleo es máxima la densidad de fisuras secundarias y diques fracturados, por lo que la permeabilidad de esta franja central es elevada.

### 3.2. MORTALON

Se localiza exclusivamente en el subsuelo del valle de La Orotava, bajo una cobertera de lavas recientes. El espesor de esta formación puede alcanzar algunos centenares de metros en los sectores inferior y medio del valle, pero hacia la cabecera se adelgaza y acuña en torno a la cota 900-1000 m; tiene buena continuidad lateral y se encuentra prácticamente en todo la anchura del valle.

El mortalón es una brecha formada por cantos y bloques angulosos, dispersos en una matriz arcillo-arenosa que otorga al conjunto impermeabilidad y una cierta plasticidad. Hidrogeológicamente se comporta como un zócalo impermeable en todo el sector en que se encuentra, deteniendo las aguas que circulan en las lavas jóvenes suprayacentes; las temperaturas en su interior son siempre más elevadas de lo normal.

Son muchas las galerías que han tratado de atravesarlo, pero sin éxito, ya que su plasticidad intrínseca hace que tienda a expandirse lentamente, cerrando de forma incontenible el hueco creado por la perforación. Conociendo esto, muchas de las captaciones no continúan cuando lo alcanzan y, en cambio, dirigen ramales laterales, tratando de seguir el contacto productivo entre la brecha y las lavas jóvenes suprayacentes.

### 3.3. SERIE BASALTICA II

Aflora en superficie en algunos puntos de la región de cumbres y en la cabecera del valle de La Orotava; en la vertiente sur conforma la pared occidental del valle de Güímar así como extensas áreas de la plataforma inclinada hacia el mar. En el subsuelo es la formación volumétricamente más importante, y ha sido intersectada por todas las galerías, con excepción de las excavadas en el sector medio e inferior del valle de La Orotava.

Está constituida por un apilamiento de lavas basálticas cuyo espesor no baja, en general, de los 700 m. Apenas existen intercalaciones sedimentarias o paleosuelos, lo que sugiere que su emplazamiento tuvo lugar en un lapso de tiempo relativamente corto, pero de actividad eruptiva muy continua e intensa. Los horizontes piroclásticos son escasos en la proximidad del mar, pero aumentan en frecuencia, espesor y tamaño de grano hacia la zona de cumbres de la Dorsal, en donde además pueden formar grandes masas lenticulares que correspon-

den a conos de cinder enterrados.

Las lavas están representadas por tipos pahoehoe y aa. Los primeros predominan en la mitad nororiental, es decir, en la proximidad de la pared del valle de Güímar, mientras que los segundos son más abundantes en la franja SO de la zona. Como se verá más adelante, estas diferencias en las proporciones relativas parecen condicionar el comportamiento hidrogeológico de ambos sectores.

La secuencia lávica está inclinada hacia el mar en ambas vertientes, pero en la norte sólo se encuentra en la cabecera del valle de La Orotava; en el resto del valle ha desaparecido como consecuencia de los grandes deslizamientos en masa que lo originaron.

La intrusión filoniana que corta a la Serie II, corresponde tanto al eje estructural principal NE, que ocupa la franja del subsuelo que coincide con la región de cumbres de la Dorsal, como a un eje secundario de directriz aproximada N-S, que se extiende desde Fasnía hasta el gran cráter abierto del estratovolcán Cho Marcial, en la Zona VII.

La Serie II es la más importante desde el punto de vista hidráulico por ser ella la que aloja el acuífero principal. Su comportamiento hidrogeológico varía de acuerdo a los siguientes factores:

1 - Grado de intensidad con que han actuado los procesos de alteración y compactación, que tiende a aumentar gradualmente hacia la base de la formación, con lo que la permeabilidad va disminuyendo en el mismo sentido.

2 - Proporción relativa de lavas pahoehoe y aa, pues aunque primariamente tienen permeabilidades similares, las primeras son menos sensibles a la compactación, y siguen conservando un volumen apreciable de huecos interconectados aun en condiciones de carga que reducen extraordinariamente la porosidad eficaz de los tipos aa.

3 - Posición con respecto al núcleo de los ejes estructurales, a causa de la aparición en ellos de una fracturación secundaria abierta que incrementa la conductividad hidráulica.

En la mitad suroriental, cerca de la pared del valle de Güímar, son muy abundantes las lavas pahoehoe, y la permeabilidad de la formación varía entre alta, en los niveles superiores de la serie, y moderada/baja en los inferiores. Por el contrario, en la mitad suroccidental, cerca del límite con la Zona IV, predominan ampliamente las lavas aa, con lo que la conductividad hidráulica oscila entre moderada en el techo y baja/muy baja en la base; paralelamente, y de modo significativo, en los niveles inferiores comienzan a aparecer

temperaturas altas en el subsuelo.

### 3.4. SERIES MODERNAS

Son agrupadas aquí todas las unidades estratigráficas posteriores a la Serie II, las cuales, salvo algunas escasas lavas fonolíticas ubicadas cerca de Las Cañadas, están constituidas por lavas y piroclastos de composición basáltica y traquibasáltica. Todos estos materiales tienen como denominador común el haber experimentado una compactación muy escasa o nula, por lo que la permeabilidad es muy elevada en todos ellos.

a) Las series modernas del sector de cumbres y de la vertiente sur forman un apilamiento de espesor relativamente delgado (100-200 m como máximo) que recubre discontinuamente la Serie II; este paquete está situado por encima de la zona saturada y su papel hidrogeológico queda reducido a facilitar la infiltración y la recarga.

b) El conjunto que rellena el valle de La Orotava tiene mayor importancia hidrogeológica al estar apoyado directamente sobre un zócalo impermeable (el mortalón). Está integrado por lavas aa y pahoehoe entre las que se disponen numerosas intercalaciones, con frecuencia almagrizadas, de niveles sedimentarios, piroclastos pumíticos y paleosuelos. El espesor del conjunto apenas supera los 100-150 m en la zona costera, pero aumenta gradualmente hacia la cabecera, donde no es inferior a 500 m. En esta última área se apilan, además, numerosos conos de cinder, en conexión con los cuales fueron emitidas las lavas anteriores; en el subsuelo existen algunos diques de dirección NE que son los conductos de alimentación de los conos.

## 4. SITUACION HIDROGEOLOGICA

### 4.1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Prescindiendo de lo que sucede en la franja correspondiente al eje estructural NE, en donde la fracturación secundaria modifica grandemente la permeabilidad y homogeneiza todas las formaciones, el sistema hidráulico está formado por los siguientes elementos:

- Un zócalo impermeable, constituido por la Serie I, el mortalón (solo en el valle de La Orotava) y una parte, tal vez, de los niveles inferiores de la Serie II cerca del límite con la Zona IV.
- El acuífero, que está relacionado con unidades estratigráficas diversas a causa de complejidades



estructurales:

- En la región de cumbres y en la vertiente sur se encuentra alojado en los niveles medio e inferior de la Serie II; dentro de la zona saturada, la permeabilidad tiende a decrecer con la profundidad, pasando de alta a moderada en la mitad nororiental y de moderada a baja en la mitad suroccidental.
- En el valle de La Orotava, en cambio, el acuífero está ubicado en las Series Modernas, cuya permeabilidad es mucho mayor que la de la Serie II.
- La zona de circulación libre, situada por encima de la superficie freática, está integrada por los niveles superiores de la Serie II y por las Series Modernas; la permeabilidad es alta o muy alta en todas estas formaciones.

#### 4.2. INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA

El modelo simple en capas con permeabilidad creciente hacia arriba, está considerablemente modificado en 1) el ámbito de los ejes estructurales (principal NE y secundario N-S) y 2) en el valle de La Orotava, en donde la continuidad morfológica del relieve ha quedado interrumpida,

##### 4.2.1. Eje Estructural NE

Dentro del ámbito de este eje hay que distinguir dos dominios de significado hidrogeológico diverso:

- En el núcleo, que es la franja en donde la intrusión filoniana ha sido máxima, la fracturación secundaria abierta induce una permeabilidad fisural que mitiga las diferencias originales de comportamiento entre las diversas unidades estratigráficas: así por ejemplo, la Serie I, que en las vertientes norte y sur es un zócalo impermeable, aquí pasa a tener una gran conductividad, no muy diversa de la que posee la Serie II suprayacente. La mayor permeabilidad está vinculada a grandes fisuras subverticales abiertas, de hasta varios decímetros de separación entre sus planos, cuya dirección es paralela a la de los diques; también hay diques fracturados en toda su longitud y, sobre todo, una rotura o dislocación generalizada que puede ser confundida con el diaclasado primario, por lo que rara vez es mencionada en las fichas del SPA-15. Sin embargo, y ésto es crucial, no todos los diques están fracturados; muchos de ellos, acaso los más recientes, conservan su carácter compacto y actúan como barreras ante el flujo lateral del agua subterránea (es decir, el flujo en sentido cumbre-mar). La presencia de

"planos" verticales con permeabilidad alternativamente alta y baja o muy baja (anisotropía, en definitiva) es lo que otorga al núcleo del eje su rara singularidad, sin equivalente conocido. Las repercusiones en el movimiento subterráneo del agua, son substanciales: 1) el retardo inducido por los diques "enteros" en el flujo lateral, determina la sobreelevación de la superficie freática, lo que incrementa paralelamente el volumen de reservas disponibles, y 2) la circulación longitudinal a lo largo del núcleo del eje apenas encuentra obstáculo a causa de la disposición paralela de los diques, con lo que la difusividad del acuífero es máxima en este sentido.

- En las bandas marginales, situadas a ambos lados del núcleo, la intrusión filoniana disminuye rápidamente en densidad al alejarse de este último, y a unos pocos kilómetros desaparece por completo. La fracturación secundaria se hace más esporádica, y las distintas unidades estratigráficas recuperan, en parte, las características hidrogeológicas propias de los sectores alejados del eje. El rasgo más sobresaliente es que los diques, aunque mucho menos numerosos que en el núcleo, pueden actuar en su mayoría como barreras que retrasan el flujo horizontal del agua subterránea, adquiriendo la superficie freática una sobreelevación considerable que se refleja en una pendiente mucho más acusada que la que corresponde a la conductividad de las formaciones. La difusividad longitudinal del acuífero es sensiblemente menor que en el núcleo, y su magnitud depende únicamente de la conductividad hidráulica propia de la formación que aloja el agua (Serie II, en este caso).

#### 4.2.2. Eje Estructural N-S

Dentro de este eje secundario no parece haber una fracturación abierta que incremente la permeabilidad global, tal vez por haber sido cerrada por la presión de carga al no existir actividad intrusiva con posterioridad a la formación del valle de Güímar (ver Zona VII). Esta conclusión ha sido establecida teniendo en cuenta solamente la información de las fichas del SPA-15, por lo que sería conveniente comprobarla. Lo que no ofrece dudas es el efecto de freno que ejercen los diques N-S sobre el movimiento horizontal del agua subterránea, que tiende a fluir de NO a SE.

La presencia de este eje afecta a un área extensa de la vertiente sur, y sus efectos se imbrican, en parte, con los diques de la banda marginal del eje NE.

#### 4.2.3. Valle de la Orotava

El rasgo estructural más característico es la desaparición

ción de la Serie II, y probablemente una parte de la I, como consecuencia de los grandes deslizamientos en masa que han generado el valle. La secuencia estratigráfica observable queda reducida a sólo dos unidades: 1) un zócalo impermeable continuo, constituido por el mortalón, y 2) un conjunto suprayacente de lavas de permeabilidad global muy elevada, que sólo en la cabecera del valle están atravesadas por algunos diques.

En las porciones media e inferior de la depresión, la superficie freática se alza muy pocos metros sobre el mortalón; esto es debido a la gran permeabilidad de las lavas, por una parte, y a la pendiente del mortalón (superior al gradiente hidráulico), por otra. El segundo factor determina que el agua subterránea procedente de la región de cumbres pueda adaptarse a las irregularidades y paleocauces de la superficie del mortalón, y los mayores o menores caudales obtenidos en este contacto dependen más del tipo de irregularidad encontrado (lomos improductivos versus vaguadas productivas, por ejemplo) que a variaciones de permeabilidad en las lavas de relleno.

En la porción alta del valle, la presencia de algunos diques permite un retardo del flujo lateral del agua y, consiguientemente, una sobreelevación de la superficie freática.

Además del acuífero principal, la presencia de horizontes almagrizados relativamente continuos, posibilita la implantación de acuíferos colgados de caudales variables, que manifiestan una tendencia a la fluctuación estacional. Algunos de ellos, situados en la parte inferior del valle, pueden ser recargados por aguas de riego y/o residuales, circunstancia que también afecta al acuífero principal.

## 5. GALERIAS EXISTENTES

### 5.1. VERTIENTE SUR

Está perforada por una red bastante densa de galerías cuyas bocaminas se distribuyen entre las cotas de los 500 y los 1500 m. Son pocas las que han encontrado dificultad para la penetración (especialmente calor), y éstas se encuentran localizadas cerca del límite con la Zona IV. Por otra parte, la ausencia de barrancos encajados, unida a la pendiente topográfica no excesivamente fuerte, determina que cada una de ellas haya necesitado avanzar una considerable longitud (2.5 km por término medio) para obtener una montera de 500 m.

La historia-tipo de las captaciones de esta vertiente es la siguiente:

- 1) Es atravesado un tramo inicial improductivo sin

acuíferos colgados, constituido, primero, por lavas basálticas y traquibasálticas recientes, y después, por los niveles altos de la Serie II. La Serie II está cortada por diques verticales de dirección N-S, con densidades que oscilan entre 1 cada 70-100 m, cerca del límite NE, y 1 cada 300-500 m cerca del borde SO.

2) La superficie freática es intersectada dentro de la Serie II, a profundidades medias que varían entre 2.200-2.300 m en las galerías topográficamente más bajas, y 3.200-3.300 en las más altas. El encuentro con ella es brusco y se verifica sistemáticamente detrás de un dique, lo que revela que tiene un perfil escalonado.

3) Los caudales iniciales varían en un orden de magnitud, ya que van desde unas cuantas unidades hasta unas pocas decenas de l/s; ésto depende esencialmente de la diferencia de cota entre el frente y el nivel freático detrás del dique, pues la permeabilidad de la Serie II puede considerarse similar en todos estos niveles medios. Hay que mencionar el caso particular de un dique fonolítico muy grueso, y por tanto muy retentivo, en el que dos galerías encontraron la primer agua con caudales iniciales de hasta 170 l/s; la sobreelevación que este dique inducía en la superficie freática era de tal magnitud que una de las galerías lo encontró a tan solo 1200 m de bocamina, con una montera de 300 m, lo que significa que el nivel freático debía encontrarse próximo a la superficie topográfica.

4) Al proseguir la perforación se sigue atravesando Serie II con diques y es alumbrada agua de una forma bastante continua, pero los caudales totales sufren fluctuaciones. Por una parte, aumentan cada vez que se atraviesa un dique N-S retentivo (no todos lo son), con incrementos que a veces superan los 100 l/s; por otra, hay una tendencia general a que la superficie freática se vaya retirando paulatinamente hacia el frente y a que los antiguos alumbramientos mermen, por lo que hay que perforar para mantener el mismo volumen de extracción.

5) En profundidad, la permeabilidad de la Serie II parece reducirse gradualmente y los caudales obtenidos son menores. Cerca del límite SO, la reducción con la profundidad es más rápida y acentuada, y paralelamente aumenta la temperatura del subsuelo, lo que sugiere que el zócalo impermeable se encuentra próximo. Una situación similar, aunque a mayor profundidad, deberá encontrarse en el futuro (o tal vez ya) en la mitad SE.

6) Las galerías que alcanzan el subsuelo de la zona de cumbres (más allá de un plano subvertical de dirección NE que pasa por la Mña. de Siete Fuentes), entran en el dominio del eje estructural NE, y encuentran tanto diques

de esta dirección como una fracturación secundaria que realiza la permeabilidad; los caudales vuelven a aumentar. No obstante, la superficie freática en esta zona, que en 1985 se encontraba a una cota media de 1400 m., tiende a abatirse, lo que hace que las galerías más altas se vayan secando.

**Perspectivas futuras.** Las continuas extracciones de las últimas decenas de años han deprimido el nivel freático un promedio de 350-400 m en la altiplanicie de cumbres, y el techo del acuífero se encuentra hoy día a una cota aproximada de 1300-1500 m en el subsuelo de la región de cumbres. La trascendencia del abatimiento es variable en las distintas zonas del sistema hidráulico:

- En la franja subvertical correspondiente al eje NE, el abatimiento no es proporcionalmente muy importante, ya que la permeabilidad continúa en profundidad; aunque las galerías más altas (Bco. de Guaco, Morro Negro, etc.) han quedado colgadas sobre el nivel freático (secas), sigue habiendo reservas al alcance de las que están emboquilladas a cotas medias. Por otra parte, la recarga de aguas meteóricas en la zona de cumbres es importante a causa de la fisuración abierta, y compensa en parte las extracciones.

- En la parte marginal del sistema (región de medianías), en cambio, el acuífero está limitado en profundidad por el zócalo impermeable de la Serie I; el abatimiento ha sido proporcionalmente mucho mayor y la superficie freática ya parece estar muy cerca del zócalo, dejando un volumen reducido de reservas. Sin embargo, las galerías bajas siempre tienen la posibilidad de llegar a la zona productiva del eje NE si prosiguen la perforación y atraviesan el tramo seco y caliente del zócalo.

Conviene señalar que el presente informe está basado en datos geológicos del inventario de 1973, por lo que la geometría del sistema sólo ha podido ser definida de forma aproximada. Sería conveniente, por tanto, actualizar la información para delimitar de manera más precisa la configuración del acuífero, sobre todo en lo que se refiere a la superficie del zócalo y al plano vertical en que comienza a haber fisuración secundaria en el eje NE.

## 5.2. VERTIENTE NORTE

La red de galerías del valle de La Orotava tiene una densidad moderada y un buen grado de dispersión; el margen de las cotas de emboquillamiento es el mayor de la Isla, ya que varía entre las cotas de 150 y 1600 m, aproximadamente. La situación geo e hidrogeológica que se encuentra al perforar es muy diferente según estén situadas las galerías por encima o

por debajo de la cota 1000, aproximadamente:

- Por debajo de la cota 1000, las captaciones atraviesan terrenos muy recientes y a continuación entran en el mortalón, que no puede ser atravesado.

- Por encima de la cota 1000, las captaciones no encuentran el mortalón y pasan, más o menos directamente, al ámbito del eje estructural NE.

Por debajo de la cota 1000, una historia-tipo de las circunstancias encontradas durante el avance de la perforación puede ser la siguiente:

1) Se atraviesa un primer tramo constituido por materiales que han rellenado el valle después de su formación. Son lavas basálticas de tipos aa y pahoehoe, extremadamente permeables, entre las que se intercalan numerosos horizontes almagrizados que, aunque de espesor reducido, representan un freno para la circulación vertical del agua. Sobre estos horizontes pueden ser encontrados uno o varios acuíferos colgados de escaso caudal (hasta 5 l/s en algunos casos); el volumen de agua tiende a disminuir con el tiempo, salvo que haya influencia del riego.

2) A una profundidad que oscila entre 1500 y 2500 m, dependiendo de la zona del valle, se alcanza el acuífero principal, y unas decenas de metros más adelante ya aparece el mortalón. Estas aguas proceden de la zona de cumbres y, por la elevada conductividad de las lavas que las contienen, resbalan muy cerca de la superficie de aquél. Los caudales iniciales alumbrados parecen haber oscilado entre 5 y 20 l/s, pero han tendido a disminuir lentamente y ahora se obtienen entre 2 y 10 l/s por término medio. En las galerías más bajas puede darse una tendencia opuesta (aumento de caudal), pero ésto es debido a la infiltración de aguas de riego o aguas residuales, con el consiguiente riesgo de contaminación.

3) En el contacto lavas-mortalón, algunas galerías han podido dirigir ramales hacia uno de los lados o hacia ambos, tratando de seguir lateralmente el acuífero principal en sentido transversal al flujo del agua.

4) La entrada definitiva en el mortalón supone graves problemas técnicos por causa de las altas temperaturas del subsuelo y por la necesidad de archetes muy resistentes que compensen la tendencia al cierre del hueco que crea la galería. Aunque en algún caso la perforación ha sido continuada durante más de 1 km, no se ha conseguido atravesar la brecha en su totalidad. La permeabilidad de ésta es nula, y sólo ocasionalmente, en algún que otro dique, se encuentran escurriduras que

proceden del acuífero principal suprayacente.

Las perspectivas futuras de este grupo de galerías, situado por debajo de la cota 1000, está determinada por dos factores: a) el acuífero situado inmediatamente encima del mortalón tenderá a disminuir a medida que descienda el nivel freático en la zona central de cumbres, y b) con las técnicas actuales es demasiado costoso atravesar la brecha, y además no hay muchas posibilidades de que la capacidad de almacenamiento de las formaciones infrayacentes sea lo suficientemente alta como para justificar la perforación. En consecuencia, por debajo de la cota 1000 se mantendrá la actual tendencia de disminución del volumen total de agua extraído

Por encima de la cota 1000, la historia-tipo de las galerías es aproximadamente así:

1) Se atraviesa un primer tramo de constitución idéntica al descrito en el grupo anterior, es decir, lavas jóvenes muy permeables entre las que se intercalan horizontes almagrizados que, a veces, dan lugar a pequeños acuíferos colgados; en esta zona de cabecera del valle, el conjunto de lavas jóvenes es mucho más potente que en los tramos medio e inferior.

2) A una cierta profundidad, las lavas jóvenes están atravesadas por algunos diques de dirección NE. El encuentro con la superficie freática se produce detrás de alguno de estos diques, que por ser transversales al flujo inducen una sobreelevación del nivel del agua. Los caudales iniciales pueden ascender a 100 l/s, dada la gran capacidad de almacenamiento de las lavas. El caudal disminuye con el tiempo: rápidamente al principio y más lentamente después.

3) Tras pasar las lavas jóvenes, se entra directamente en la Serie II; el tránsito tiene lugar a través de una discordancia muy acentuada que corresponde a la base del deslizamiento en masa que formó el valle. La Serie II, constituida en general por lavas de tipo pahoehoe de permeabilidad moderada, es intersectada, ya desde el comienzo, dentro del dominio del eje estructural NE, por lo que hay una red de diques y de fisuras secundarias abiertas cuya densidad aumenta progresivamente al ir avanzando la perforación.

4) En el núcleo del eje, al ir perforando se alumbra agua de una manera continua o casi continua, ya que no sólo está retenida en los huecos primarios de las lavas de Serie II sino también (y sobre todo) en las fisuras abiertas y en los diques fracturados. Aunque con fluctuaciones, hay una tendencia general a aumentar el caudal al adentrarse en el núcleo. Por otra parte, la superficie freática tiende a retirarse hacia el frente a



medida que pasa el tiempo, compensando negativamente el aumento debido a la reperforación.

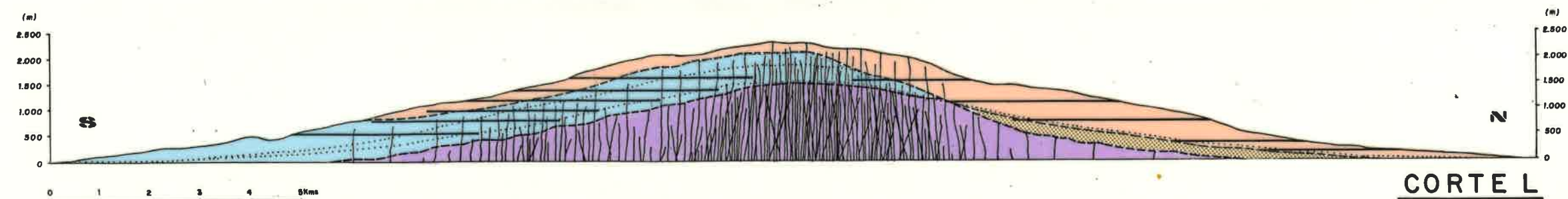
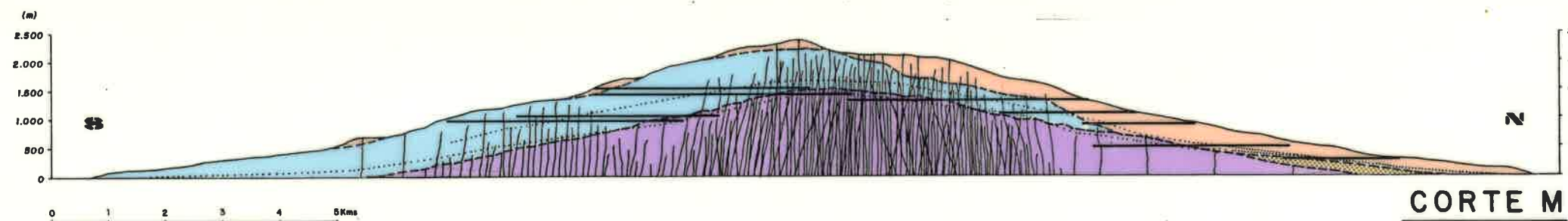
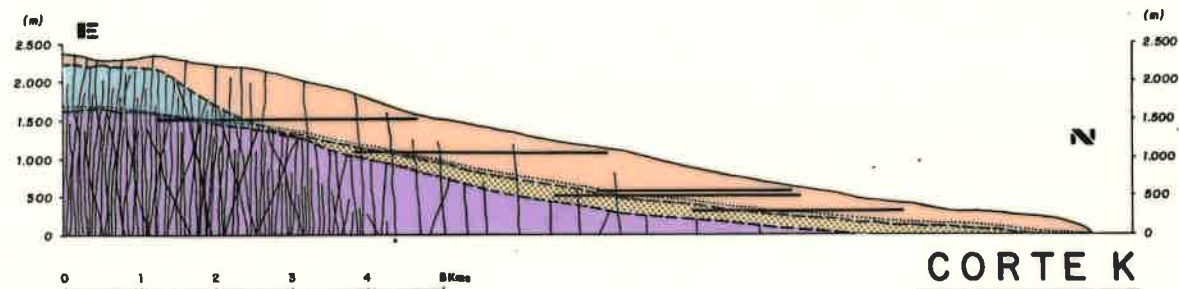
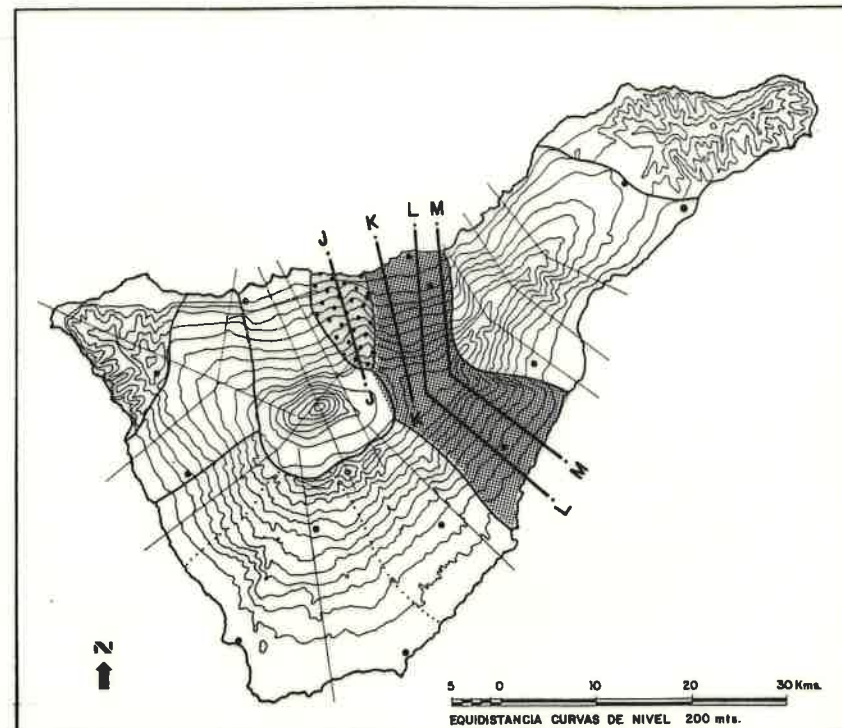
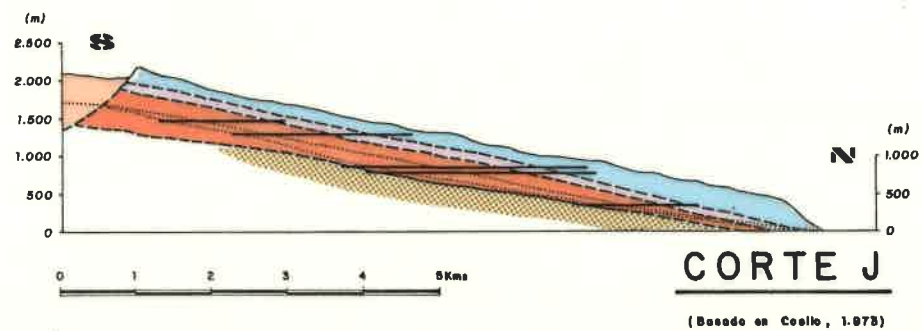
5) Alguna galería puede atravesar la Serie II y entrar en la Serie I. El tránsito no queda reflejado de forma perceptible en los caudales alumbrados, ya que la omnipresente fracturación secundaria tiende a igualar los parámetros hidrogeológicos de todas las unidades estratigráficas.

6) El tramo final de unas pocas perforaciones (Roque de Caramujo, El Almagre, etc.) está orientado hacia la depresión de Las Cañadas, y una de ellas ya ha entrado en este acuífero, con fuerte aumento de caudal.

Las perspectivas futuras de este grupo de galerías son similares a las de la vertiente sur, por estar drenando también la zona productiva del eje estructural NE. El abatimiento del nivel frático todavía no ha dejado colgada sobre él a ninguna captación, pero comenzará a suceder en un futuro inmediato (Pino de la Cruz, puede ser la primera). Hay que resaltar que la parte profunda del eje estructural productivo no podrá ser drenada desde la vertiente norte, ya que por debajo de la cota 1000, aproximadamente se encuentra el mortolón, que es muy difícil de atravesar. Por otra parte, un aumento sustancial del volumen total drenado provendrá de las galerías que entren en el acuífero de Las Cañadas, si bien la calidad del agua será peor que la actual y exigirá tomar medidas correctivas.

**LEYENDA:**

- galería
- Complejo Teide-Pico Viejo
- fonolitas superiores
- basaltos intermedios
- fonolitas inferiores
- mortalón



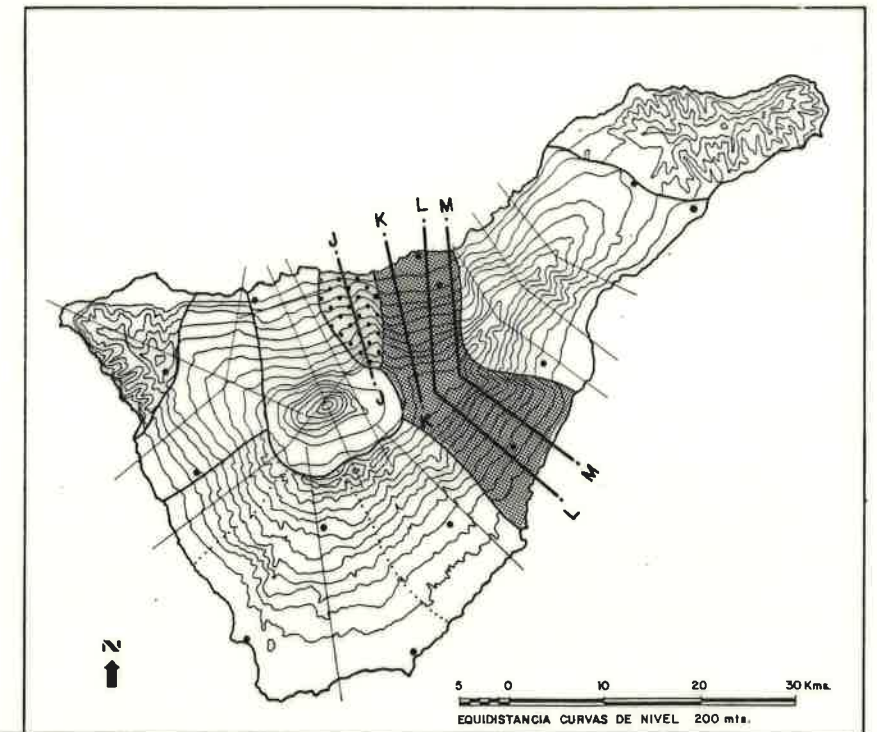
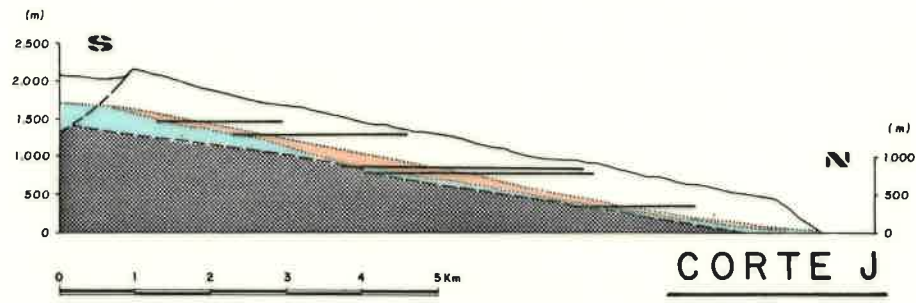
**LEYENDA:**

- galería
- red filoniana
- Serie Modernas (bas. y traquibas.)
- Mortalón
- Serie Basáltica II
- Serie Basáltica I



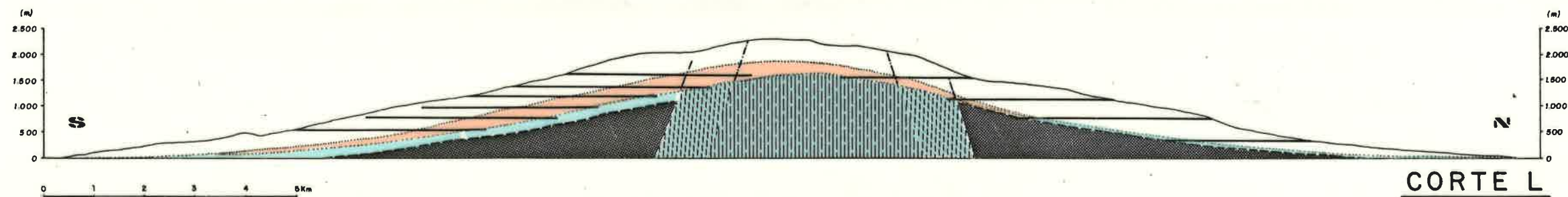
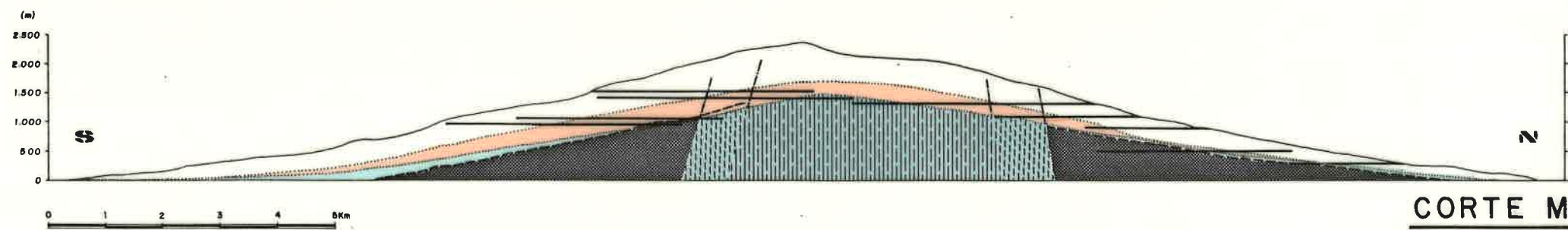
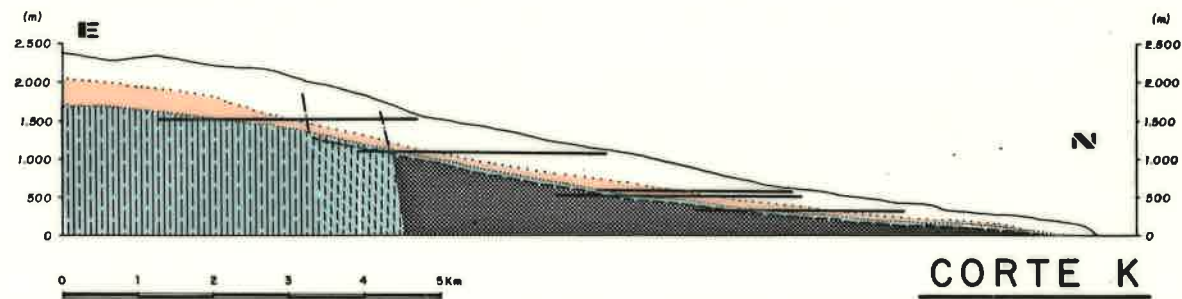
**LEYENDA:**

- galería
- ..... superficie freática original
- superficie freática en 1985
- zona saturada en fonolitas con perm. fisural baja.
- zócalo impermeable



**LEYENDA:**

- galería
- ..... superficie freática inicial
- superficie freática en 1985
- zona ya drenada
- zona saturada en 1985
- ▨ margen anisótropo de eje estructural; alternancia de diques imperm. y franjas de perm. fisural moderada.
- ▨ nucleo anisótropo de eje estructural; alternancia de diques imperm. y franjas de perm. fisural alta.
- formaciones con perm. primaria variable entre muy alta y baja.
- zócalo impermeable



ZONA VII

## ZONA VII

### 1. INTRODUCCION

La Zona VII tiene unas características geológicas e hidrogeológicas muy similares a las de la VI, ya que también está centrada en torno a la Dorsal NE, cuyo subsuelo posee en toda su extensión la estructura característica de un eje estructural, con su cortejo de diques, diques fracturados y fisuras secundarias, que condicionan totalmente tanto la geometría del acuífero como el modo de fluir del agua subterránea.

La diferencia esencial entre ambas zonas radica en el grado de explotación experimentado, muy superior en la VII al tener una topografía particularmente apta para la extracción de recursos hídricos mediante galerías.

En efecto, mientras que en la Zona VI existe una altiplanicie central que se prolonga hacia el norte y el sur mediante laderas poco inclinadas, lo que implica que las galerías deban recorrer largas distancias hasta alcanzar el núcleo más productivo de la Dorsal, en la VII la línea de cumbres es prácticamente una cuchilla limitada en ambas vertientes por escarpes bruscos; las galerías ganan montera rápidamente e intersectan la superficie freática con poca longitud de perforación, alcanzando el plano axial de la Dorsal antes de 3 km.

Esta situación ha dado lugar a una proliferación excesiva de galerías que han extraído en lo que va de siglo un volumen colosal de agua, mermando considerablemente el acuífero. Las captaciones situadas en cotas altas y medias se han secado ya o están a punto de hacerlo, y las únicas que van a seguir siendo productivas a medio plazo son las emboquilladas por debajo de los 500 m, en el sector occidental, o de los 300 m en el oriental.

### 2. GEOMORFOLOGIA

La Zona VII abarca el segmento de la Dorsal NE que está comprendido entre las proximidades de Izaña, por una parte, y la cubeta sedimentaria de La Laguna, por otra, en donde enlaza con los relieves del Macizo de Anaga.

La línea de cumbres, alargada y estrecha, va perdiendo altura gradualmente desde la cota de los 2200 m, cerca de Izaña, hasta la de los 600 m en La Laguna. Desde la cuchilla de cumbres, las laderas descienden hacia el mar como un tejado a dos aguas; las pendientes son muy fuertes al principio, pero al acercarse a la costa experimentan una progresiva reducción de ángulo.

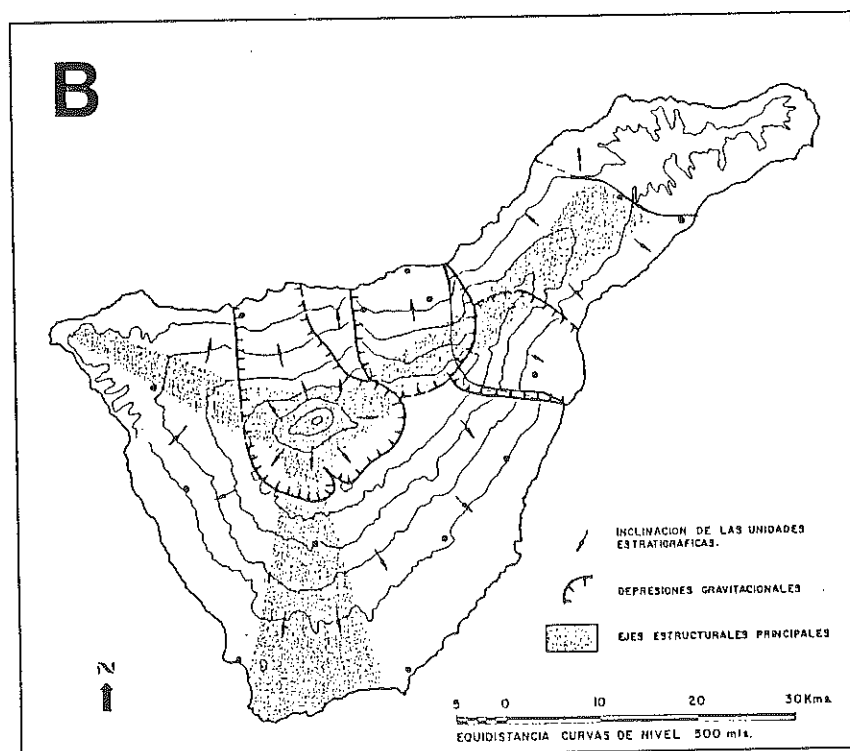
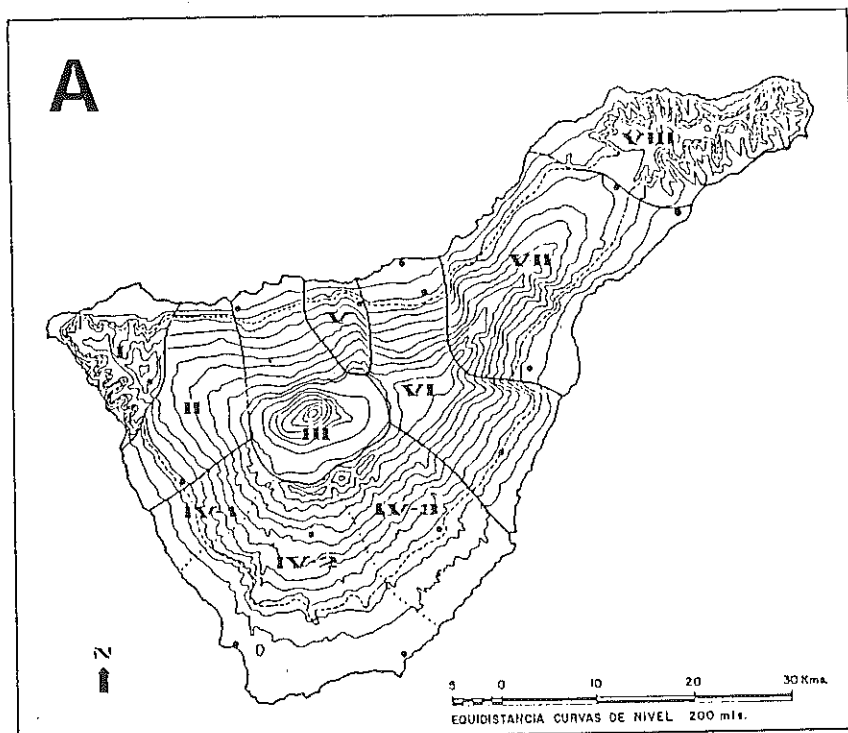


Fig.17.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

La vertiente más abrupta es la meridional, que en el sector Güímar-Arafo corresponde a una depresión gravitacional formada por deslizamientos en masa. En el norte, en cambio, hay una cobertera de lavas relativamente recientes que contribuyen a suavizar el talud, aunque ocasionalmente este último se encuentra seccionado por barrancos encajados que han sido exhaustivamente utilizados para emboquillar las galerías.

### 3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

#### 3.1. SERIE BASALTICA I

No aflora en superficie pero es intersectada por gran número de galerías. Forma el núcleo profundo de la Dorsal y reproduce aproximadamente en el subsuelo la forma de ésta, conformando una "cordillera" subterránea cuya altura desciende gradualmente desde la cota de 1200-1300 m, cerca de Izaña, hasta la de 500 m bajo el Mirador de Ortuño; en el segmento comprendido entre La Esperanza y La Laguna es más baja todavía, pero ya desde aquí comienza a ascender de nuevo al fusionarse con los materiales antiguos de Anaga.

Al igual que en la Zona VI, la Serie I está constituida por lavas y piroclastos basálticos extraordinariamente alterados y compactados, con un volumen de huecos que es muy bajo o nulo salvo que exista fracturación secundaria, lo que ocurre en el ámbito del eje estructural. El comportamiento hidrogeológico depende, en consecuencia, de la posición con respecto a este último:

- en el núcleo del eje, que está afectado por una fracturación generalizada, así como por grandes fisuras abiertas, la permeabilidad es elevada y no hay grandes diferencias entre esta serie y las sucesivas;
- en los márgenes del núcleo, en donde disminuye el número de diques y fracturas, la conductividad es menor y, sobre todo, discontinua;
- fuera del eje, en que ya no existe fracturación secundaria reciente, la Serie I se comporta como un zócalo impermeable.

#### 3.2. MORTALON

Algunas galerías del valle de Güímar (El Cañizo, El Almagre, La Cuenca, etc) encuentran un horizonte de material fragmentario que se sitúa estratigráficamente entre la base de la Serie II del estratovolcán Cho Marcial y una discordancia erosiva excavada en materiales de la Serie I. Esta brecha masiva está integrada por bloques angulosos de naturaleza y granulometría muy variadas, dispersos en una matriz arcillo-



arenosa más o menos plástica. Sus características texturales son enteramente similares al mortalón del valle de La Orotava, si bien la edad relativa, establecida en base a criterios estratigráficos, es más reciente en el caso de este último. Existe la posibilidad de que haya una correlación de edad y posición con el material detrítico que aflora en Los Organos, en la pared del valle de La Orotava.

Las perforaciones intersectan el mortalón en el subsuelo por debajo de la cota 900. En las partes más altas es discontinuo, relativamente delgado (menos de 100 m de espesor) y, además, está atravesado por bastantes diques, que en parte se encuentran fracturados y pueden actuar como drenes. Por todo ello, y aunque esta formación es intrínsecamente impermeable, no representa un obstáculo serio para el flujo vertical del agua, ni tampoco ofrece mayores problemas de penetración mecánica.

Por debajo de la cota 500 es posible que tenga continuidad espacial y gran espesor, de modo que, al igual que el mortalón del valle de La Orotava, se podrá comportar como un zócalo impermeable. Esta zona baja, explotada por pozos, no ha sido investigada en la presente fase de estudio.

### 3.3. SERIE BASALTICA II

Es la formación más extensa y potente de la zona y corresponde a la reactivación del volcanismo tras la pausa que siguió a la terminación de la Serie I.

Aunque aparentemente es una secuencia monótona de lavas, en su estructura hay discordancias internas relevantes, así como complejidades en el sistema filoniano de alimentación:

- la génesis de la porción más antigua de la secuencia está vinculada a una unión triple de carácter local, con dos ejes estructurales secundarios de directrices S y NO que convergen con un segmento del eje principal NE;
- la sucesión estratigráfica está interrumpida temporalmente por la formación del valle de Güímar, a la cual sucedió la construcción del estratovolcán Cho Marcial, considerado también de Serie II.

La evolución histórica de esta unidad estratigráfica puede ser esquematizada del siguiente modo (Fig.18):

- 1) Reanudación de la actividad volcánica después del largo periodo erosivo que dismanteló parcialmente la Serie I. La emisión de la Serie II, aunque tiene lugar en toda la Dorsal, está focalizada, sobre todo, en un sector de la actual zona de cumbres de Arafo. El empuje ascendente del magma únicamente pudo ser absorbido en este

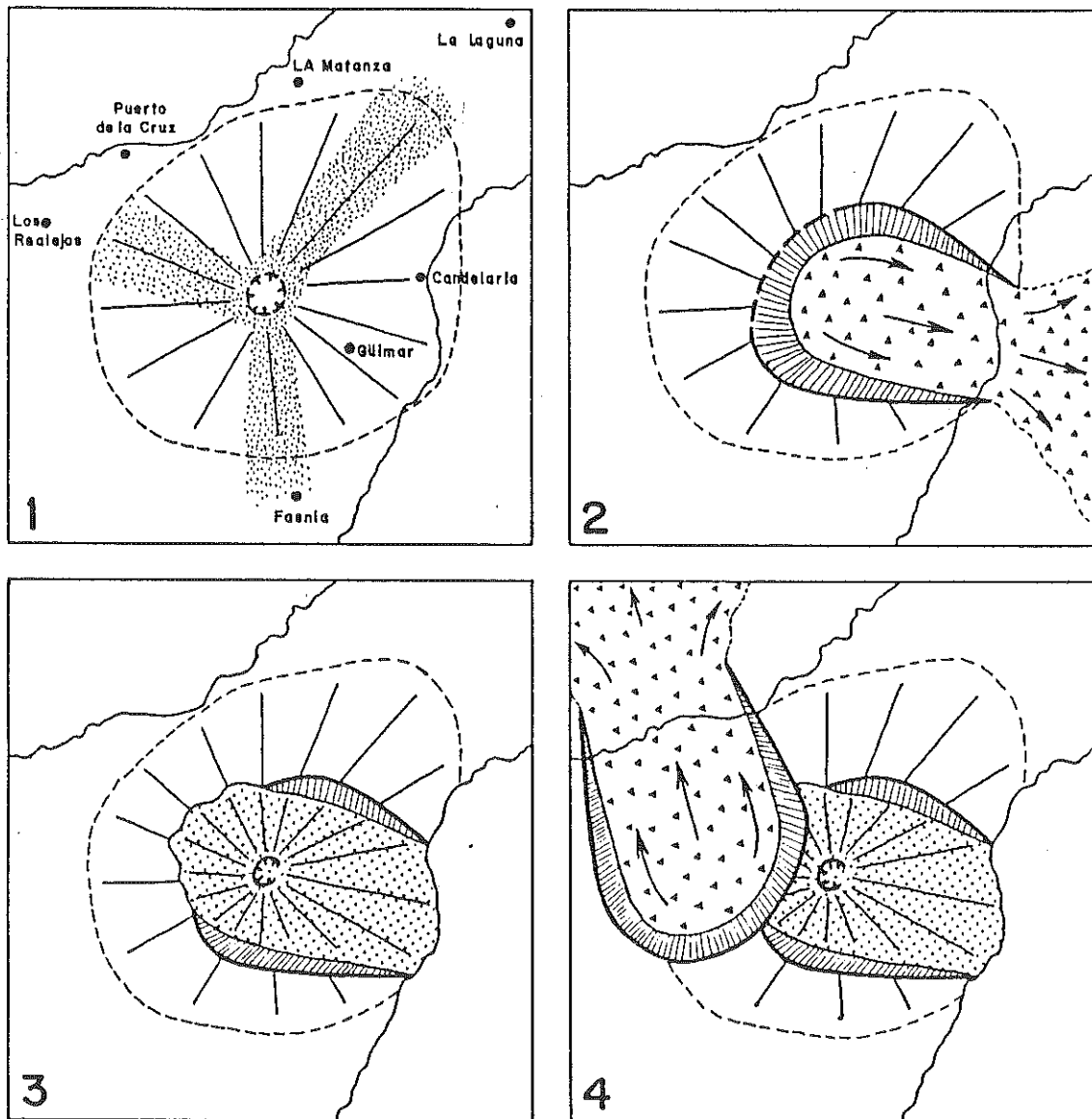


Fig.18.- Esquema de la formación del Valle de Güímar.

punto mediante la creación de un sistema triple de fracturas o ejes estructurales convergentes (ver Sección General), los cuales vertebraron la construcción de un edificio de grandes dimensiones al que denominamos estratovolcán Arafo

2) El excesivo crecimiento en altura del estratovolcán Arafo genera un desequilibrio en el campo local de esfuerzos, que se traduce en uno o varios deslizamientos en masa de duración muy corta, casi instantánea. Se forma de este modo la depresión gravitacional Güímar-Arafo, cuyo fondo es ocupado en parte por los materiales fragmentarios resultantes de la trituración del o de los bloques deslizados; esta masa fragmentaria es el mortalón descrito en el párrafo anterior.

3) La decompresión inducida por el desalojo de la masa deslizada, determina la generación y ascenso de grandes volúmenes de magma, los cuales son canalizados por el mismo conducto central preferente que alimentó en la fase anterior al estratovolcán Arafo. De este modo se construye en poco tiempo el estratovolcán Cho Marcial (actualmente visible), cuyas lavas inundan parcialmente la depresión Güímar-Arafo. En la zona de cabecera del valle, es decir, cerca del centro o centros de emisión, la acumulación de lavas y piroclastos es mayor y alcanza o sobrepasa las paredes del deslizamiento, igualándose el relieve del sector de cumbres de la Dorsal.

4) Largo tiempo después, cuando ya se está emitiendo la Serie III, una nueva inestabilidad gravitacional determina los deslizamientos que crean el valle de La Orotava, el cual decapita la cabecera de la depresión de Güímar y parte del estratovolcán Cho Marcial. Tanto la erosión como la acumulación de nuevos materiales volcánicos en toda la Dorsal, enmascaran los remanentes del primigenio estratovolcán Arafo, que en la actualidad sólo es reconocible en superficie en la pared occidental del valle de Güímar y en la oriental del de La Orotava.

El esquema evolutivo anterior permite comprender que en la Zona VI hay dos grupos de basaltos de Serie II: a) el perteneciente al estratovolcán Arafo y a otros centros menores de la Dorsal, y b) el grupo, algo más reciente, del Cho Marcial. Las diferencias entre ellos no son muy significativas desde el punto de vista hidrogeológico, ya que en ambos predominan las lavas pahoehoe, con una permeabilidad que oscila entre moderada en el primer grupo y alta en el del Cho Marcial.

Mayores son las diferencias en la configuración y en la densidad de la red filoniana, pues en el estratovolcán Cho Marcial los diques son relativamente poco abundantes y pertenecen, sobre todo, al eje principal NE; aparentemente el

sistema triple de ejes que alimentó y estructuró al estratovolcán Arafo, dejó de operar tras la apertura de la depresión Güímar-Arafo.

En definitiva, el comportamiento hidrogeológico de la Serie II dista de ser homogéneo. En ello influyen muchas circunstancias: a) presencia de discordancias intraformacionales, b) diferencias en la densidad de diques y fisuras secundarias, c) variaciones en las proporciones relativas de lavas aa y pahoehoe, y d) variaciones en el grado de alteración y compactación:

- La permeabilidad es mayor en los sectores en que predominan las lavas pahoehoe con relación a las aa; en consecuencia, hay mayor conductividad y capacidad de almacenamiento en el segmento occidental de la Dorsal (en los dominios de los estratovolcanes Arafo y Cho Marcial) que en el oriental, donde los aparatos volcánicos fisurales han generado, sobre todo, lavas escoriáceas.

- La permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento disminuyen gradualmente hacia la base de la formación, que posee mayor grado de compactación y la alteración; este cambio es más acentuado en las lavas aa que en las pahoehoe.

- En el núcleo del eje estructural NE son mayores la conductividad hidráulica y la difusividad del acuífero, pues la permeabilidad primaria está acentuada por la presencia de diques fracturados y fisuras secundarias abiertas. En los ejes secundarios no parece darse un incremento de permeabilidad por estar cerradas las fracturas.

#### 3.4. SERIES MODERNAS

Al igual que en la Zona VI, son agrupadas en este conjunto todas las unidades estratigráficas posteriores a la Serie II. Están integradas por materiales basálticos y, en menor proporción, traquibasálticos; son frecuentes las intercalaciones de horizontes sedimentarios y paleosuelos, así como de niveles pumíticos de proyección aérea que provienen de las erupciones fonolíticas que tienen lugar sincrónicamente en el área de Las Cañadas.

Los centros de emisión son conos piroclásticos de morfología bien preservada. En el segmento occidental de la Dorsal tienden a estar bien agrupados cerca de la línea de cumbres; en la terminación oriental, es decir, en el sector comprendido entre el Mirador de Ortuño y La Laguna, la dispersión es grande y los conos se reparten entre ambas líneas de costa.

Las lavas se extienden sobre las dos vertientes. En el

segmento occidental, en coincidencia con los relieves más abruptos, forman una cobertera discontinua y de escaso espesor (<200 m) que permite el afloramiento ocasional de las formaciones infrayacentes. En el oriental, el recubrimiento de lavas es continuo y da lugar a una plataforma de enlace entre la Dorsal y el Macizo de Anaga.

Este conjunto de materiales ha experimentado una compactación y alteración de muy bajo grado y conserva gran parte de su elevada permeabilidad primaria, que está vinculada, sobre todo, a las escorias de base y techo de las lavas. Su función hidráulica es poco relevante cuando recubre la Serie II, que es conductiva; en esta situación, las Series Modernas quedan colgadas por encima de la zona saturada. La importancia del conjunto es mayor en los limitados casos en que recubre los materiales poco o nada permeables de la Serie I de Anaga, pues el contraste de conductividad entre ambas formaciones permite un cierto flujo de agua subterránea en el contacto, tal como sucede en el valle de Tejina.

#### 4. ESTRUCTURA

La estructura de la Zona VII es, tal vez, la más compleja de la Isla por coincidir e interaccionar en ella los siguientes elementos:

- 1) El eje estructural principal NE, de máxima influencia en el comportamiento hidrogeológico global.
- 2) Los dos ejes estructurales secundarios, que convergen con el principal bajo el estratovolcán Cho Marcial.
- 3) La depresión gravitacional Güímar-Arafo, que subdivide la Serie II e interrumpe la actividad de los ejes secundarios.

##### 4.1. EJE ESTRUCTURAL NE

Es el elemento mejor desarrollado y más influyente en el sistema hidráulico. Recorre la zona en sentido longitudinal NE-SO, en correspondencia con la Dorsal topográfica, dividiéndola en dos mitades "grosso modo" simétricas.

Las características que presenta en el subsuelo son bien conocidas gracias al elevado número de galerías que, desde ambas vertientes, alcanzan el núcleo e incluso lo sobrepasan; esto último ocurre en Chese Nuevo, Salto de las Vigas, El Roque, etc. La constitución del eje ha sido ya descrita en el apartado general y en la Zona VI, por lo que sólo se expone aquí una síntesis de los rasgos más distintivos:

- a) Elevadísima concentración de diques en una franja

subvertical de unos 3-4 km de anchura (núcleo), con direcciones que, al coincidir con la general del eje, oscilan entre N 40°E y N 60°E. La densidad de la malla decrece gradualmente al alejarse del núcleo hacia ambos lados, haciéndose insignificante a pocos kilómetros; por ello cabe hablar de franjas marginales, situadas en los flancos del núcleo, en las que la densidad de la red es baja o moderada.

b) En coincidencia con la franja de concentración de diques, elevadísima fisuración secundaria, vinculada a : 1) grandes fisuras abiertas, paralelas a la red filoniana, 2) diques fracturados en su totalidad o bien en el plano de contacto con la roca de caja, y 3) microfracturación generalizada, que acentúa el diaclasado primario. El grado de fracturación secundaria varía en consonancia con la densidad de la red filoniana, por lo que también aquí existe la distinción entre un núcleo, en donde la fisuración alcanza valores máximos, y dos franjas marginales, con intensidad moderada o baja.

#### 4.2. EJES SECUNDARIOS

Los ejes secundarios S y NO convergen con el principal NE para configurar una unión triple que ha funcionado solamente durante la vida del estratovolcán Arafo. Las depresiones gravitacionales de Güimar-Arafo y La Orotava han decapitado en parte los complejos filonianos a ellos asociados, de modo que sólo son intersectados por algunas galerías emboquilladas a cotas bajas.

El eje S es el más importante de los dos y se prolonga dentro de la Zona VI, en donde fué comentada su influencia. El NO está apenas confinado al área más próxima a la Dorsal.

La importancia hidrogeológica de estos elementos estructurales radica, exclusivamente, en el efecto de barrera que gran parte de sus diques ejercen sobre el flujo horizontal del agua subterránea. La fisuración secundaria, en cambio, y dado que estos ejes no han tenido actividad en época reciente, ha sido cerrada de nuevo por la presión de carga de la columna de rocas suprayacente; en consecuencia, no parece que el acuífero de la Dorsal sea drenado hacia el exterior siguiendo estas vías.

#### 4.3. DEPRESION GÜIMAR-ARAFO

Su modo y época de formación ya ha sido mencionado al hablar de la Serie Basáltica II. Esta cubeta, abierta hacia el mar, se encuentra flanqueada por paredes rectilíneas de hasta 500 m de desnivel visible, con talud próximo a la vertical. La cabecera queda cubierta tanto por el estratovolcán Cho Marcial

como por algunos otros centros eruptivos, más jóvenes y de menor importancia; las lavas de uno y otro invaden la parte baja de la depresión, rellenándola parcialmente junto a depósitos aluviales muy voluminosos que proceden de la destrucción del sector de cumbres.

El mortalón que ocupa el subsuelo puede hacer de basamento impermeable por debajo de la cota 500, en donde muy probablemente alcanza gran continuidad y espesor.

## 5. SITUACION HIDROGEOLOGICA

### 5.1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Fuera del ámbito del eje estructural NE, los terrenos conservan sus parámetros hidrogeológicos intrínsecos y, en consecuencia, presentan un comportamiento variable. El sistema hidráulico está zonado del siguiente modo:

- Zócalo impermeable, constituido por la Serie I y, en la parte baja del valle de Güímar, también por el mortalón.

- Acuífero, alojado en los niveles medio e inferior de la Serie II, salvo en la parte baja del valle de Güímar, donde lo forman lavas recientes y sedimentos aluviales. En la Serie II, la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento tienden a disminuir con la profundidad, pero, además, hay variaciones laterales considerables debido a la presencia de lavas pahoehoe, que son sumamente conductivas.

- Zona de circulación libre, está formada por las Series Modernas y los niveles altos de la Serie II; la permeabilidad vertical se encuentra obstaculizada por los niveles compactos de las lavas, que tienden a imprimir una trayectoria oblicua al agua de infiltración.

La anterior disposición del sistema hidráulico está profundamente modificada en el ámbito del eje estructural principal:

- En el núcleo, las unidades estratigráficas han sido rehomogeneizadas como consecuencia de la repetida intrusión filoniana y de la apertura de fisuras secundarias. Hasta cierto punto, toda la franja subvertical del núcleo se comporta como un conjunto hidráulico único, cuya elevada permeabilidad vertical es independiente de la edad y litología de las formaciones que lo integran. La máxima conductividad está asociada a grandes fisuras abiertas, así como a diques fracturados; sin embargo, algunos diques (tal vez los más jóvenes) conservan su baja o nula permeabilidad original y actúan como "planos" de discontinuidad vertical, lo que



introduce un fuerte factor de anisotropía en la dirección perpendicular al eje.

- En los márgenes, la densidad de la malla de diques y fisuras es menor, y la conductividad global depende más bien de las características primarias de las rocas; gran parte de los diques, aunque espaciados entre sí, actúan como barreras de permeabilidad que frenan el desplazamiento lateral del agua, sobreelevando el nivel freático.

## 5.2. FLUJO SUBTERRANEO DEL AGUA

La circulación está controlada, en una primera aproximación, por la disposición y características de las unidades estratigráficas y, además y sobre todo, por la presencia del eje estructural NE.

El dispositivo estratigráfico tiende a imponer un flujo que, en ambas vertientes, está dirigido desde la Dorsal hacia el mar. El agua subterránea se encuentra alojada en la Serie II, cuya permeabilidad tiende a disminuir con la profundidad, mientras que la Serie I actúa como zócalo impermeable y las Series Modernas del techo de la secuencia facilitan la infiltración.

Sin embargo, la presencia del eje introduce un factor de anisotropía en el conjunto, modificando tanto la velocidad con que se desplaza lateralmente el agua como el sentido del flujo. Así, la circulación vertical y longitudinal (NE-SO) está muy favorecida en la franja del núcleo por las grandes fisuras abiertas y los diques fracturados, pero la transversal encuentra un fuerte obstáculo en cada dique "entero", lo que retarda el flujo lateral.

En los márgenes del núcleo, en donde la fracturación es sensiblemente menor, el flujo longitudinal es reducido, o bien queda limitado a unas pocas fisuras abiertas. El flujo lateral (cumbre-mar), que es aquí el dominante, sigue encontrando el obstáculo de los diques, pues, aunque poco numerosos, son eficazmente impermeables.

Como resultado de todo lo anterior, el modo de circulación del agua subterránea es sumamente peculiar:

1) Fuera del ámbito del eje estructural, es decir, en las medianías y bandas costeras, el agua no encuentra oposición en su camino hacia el mar, pero la circulación en profundidad queda restringida por la presencia del zócalo impermeable de Serie I. El gradiente hidráulico es el correspondiente a la permeabilidad de la Serie II, que, al tener un valor moderado o alto en general, determina un ángulo bajo de la superficie freática.

2) En los márgenes del eje, que es donde comienzan a aparecer diques, la presencia de éstos ralentiza el movimiento lateral del agua, y la superficie freática pasa a tener un perfil escalonado. El nivel del agua experimenta una sobreelevación detrás de cada uno de los diques que actúan como barreras, y el gradiente hidráulico general va adquiriendo un ángulo progresivamente mayor a medida que aumenta la densidad de la red filoniana al avanzar hacia el subsuelo de cumbres. En este sector, la difusividad longitudinal (NE-SO) del acuífero queda circunscrita solamente a un número reducido de fisuras abiertas.

3) En el núcleo del eje, y por la misma razón que en el sector anterior, los diques "enteros" frenan también el movimiento cumbre-mar del agua, creando un efecto general de sobreelevación del acuífero y de aumento del gradiente hidráulico. El flujo longitudinal del agua, por el contrario, apenas encuentra resistencia, de forma que cualquier modificación del equilibrio (a causa de una extracción puntual más intensa, por ejemplo) es rápidamente compensada por el aporte de agua desde los segmentos adyacentes del núcleo. Esto hace que las zonas VI y VII estén bien comunicadas a través del eje estructural.

## 6. EXTRACCIONES

En la Zona VII existe un gran número de galerías, con concentraciones locales, como en La Victoria y Arafo, evidentemente exageradas. En general son perforaciones bastante largas, pues la mayoría sobrepasan los 3000 m y, en algunos casos, llegan a tener más de 5 km, sin contar los ramales.

### 6.1. VERTIENTE NORTE

Aparte de algunas captaciones costeras, las galerías están emboquilladas entre las cotas de 200 y 1200 m. En ninguna de ellas han sido encontradas circunstancias que obstaculicen seriamente la perforación, tales como calor y/o gases. La historia-tipo de los alumbramientos efectuados durante el avance, puede ser la siguiente:

1) El tramo inicial estéril tiene una longitud muy variable según la fecha de iniciación de los trabajos, dado el abatimiento progresivo del nivel freático con el tiempo. En las galerías del primer tercio de siglo, este tramo oscilaba entre 1200 y 1400 m de profundidad y sólo se atravesaban Series Modernas. En las de mediados de siglo, el tramo estéril alcanzaba ya los 2500 m como promedio y, además de Series Modernas, comprendía los niveles superiores de la Serie II. En ningún caso hay acuíferos colgados de importancia.

2) La intersección de la superficie freática, en las galerías antiguas, tenía lugar dentro de las Series Modernas atravesadas por algunos diques; en las situadas a cota baja, la densidad de la red filoniana es de un dique cada 800 m, y en las situadas a cota alta (más próximas por tanto al eje estructural), de 1 cada 200 m. Estos diques, aunque escasos, inducían una considerable sobre elevación del nivel del agua detrás de ellos, lo que unido a una permeabilidad y a un coeficiente de almacenamiento de gran magnitud, determinaba caudales iniciales elevadísimos (entre 150 y 200 l/s como media, pero hasta más de 300 l/s en algunos casos). En las galerías de mitad de siglo, y salvo excepciones, la entrada en la zona saturada ya ocurría cerca de los niveles medios de la Serie II, de menor coeficiente de almacenamiento, por lo que los caudales iniciales no alcanzaron la magnitud de los de las captaciones antiguas.

3) Después del encuentro de la superficie freática, y cuando los caudales iniciales comienzan a mermar sensiblemente, se continúa la perforación. El alumbramiento de agua tiene lugar casi continuamente, aunque con oscilaciones debidas a los cambios de litología en los terrenos atravesados: mayor flujo de agua en las zonas escoriáceas de las lavas aa o en los niveles pahoehoe, y menor o nulo en los niveles compactos de las lavas. Los caudales medios son de 15-30 l/s, pero se producen aumentos notables (de 50 a 100 l/s) al intersectar cada dique impermeable.

4) Al principio, los diques están bastante separados unos de otros (1 cada 150-200 m), pero al avanzar aumenta gradualmente la densidad de la malla. Al entrar en el núcleo es ya de 1 dique cada 40-50 m, y en el centro de éste, de 1 cada 15-20 m. Conforme aumenta la densidad de la malla, los incrementos de caudal al cortar diques se hacen menos fuertes, pero, en contrapartida, el caudal medio sube hasta 40-50 l/s en el núcleo; esto es consecuencia de la fracturación secundaria que realza la permeabilidad, así como de la mayor difusividad del acuífero.

5) Algunas galerías bajas (como Hoya del Porvenir, por ejemplo), pueden encontrar, fuera del ámbito del eje, el zócalo impermeable de Serie I, por lo que, a pesar de haber tenido buena productividad antes de llegar a él, pasan a encontrarse secas o casi secas. Esta situación no es definitiva, ya que, continuando la perforación, encontrarán de nuevo la franja altamente productiva del núcleo del eje estructural.

## 6.2. VERTIENTE SUR

Las captaciones están emboquilladas entre las cotas de 300 y 1200 m. En general, llegan al eje estructural con menos longitud de perforación que en la vertiente norte, especialmente en la cabecera del valle de Güímar-Arafo y en los barrancos muy encajados, como el de Igeste de Candalaria. La historia-tipo de los alumbramientos obtenidos durante la perforación, es la siguiente:

- 1) El primer tramo estéril transcurre, en general, en los niveles altos de la Serie II, aunque ocasionalmente pueden ser atravesados, al comienzo, algunos metros (<300) de Series Modernas. No hay acuíferos colgados.
- 2) La superficie freática es intersectada a 1000-1500 m, en Serie II con bastantes diques. Los caudales iniciales son mucho menores que en la otra vertiente, ya que oscilan entre 40 y 60 l/s por término medio, llegándose rara vez a 100 l/s. En esto influyen: a) el menor coeficiente de almacenamiento de los niveles medios de la Serie II, y b) la mayor densidad de la red filoniana.
- 3) Después de encontrar el primer agua, los alumbramientos se suceden de forma casi continua, análogamente a lo que ocurre en la vertiente norte. Los caudales medios oscilan entre 10 y 30 l/s. La intersección de diques (1 cada 40-50 m) se traduce en aumentos temporales de caudal.
- 4) La entrada en el núcleo, en donde la fracturación secundaria es máxima, tiene lugar a profundidades que varían entre 1500 m, en el sector O, y 2000 m en el E. La gran difusividad del acuífero en esta franja proporciona caudales muy continuos, teniendo poca trascendencia que la unidad estratigráfica intersectada sea la Serie II o la Serie I.

## 7. PERSPECTIVAS FUTURAS

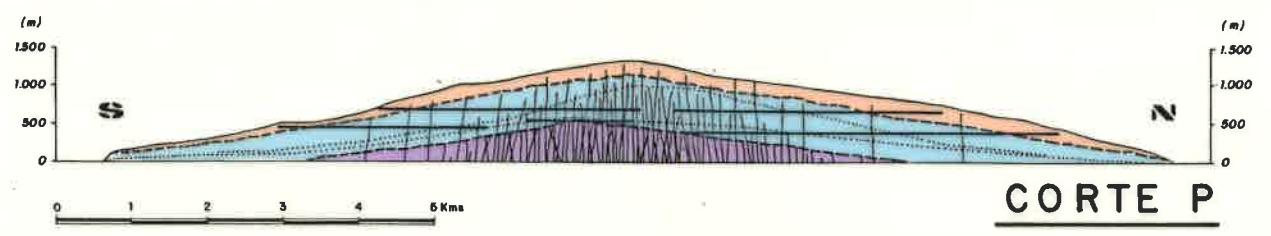
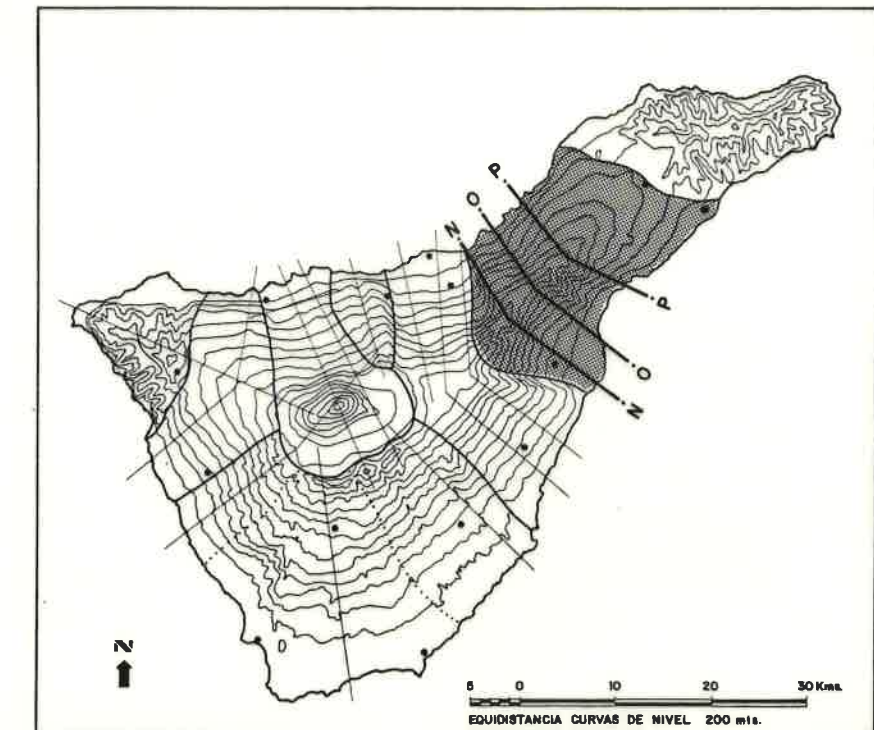
La Zona VII es, sin duda, la que ha sufrido mayor disminución de reservas desde que comenzó la perforación de galerías. Los factores que controlan el futuro de las extracciones, son los siguientes:

- 1) El abatimiento de la superficie freática (Braojos 1988), cuya cota actual bajo la línea de cumbres va desde los 800 m, en el límite con la Zona VI (cerca de Izaña), hasta los 450 m en el Pico de Las Flores, si bien es más baja todavía en el sector La Esperanza- La Laguna. Antes de que comenzaran las extracciones, en cambio, las alturas que alcanzaba en los mismos sectores eran de 1300 m y 700 m, respectivamente. Las consecuencias de este

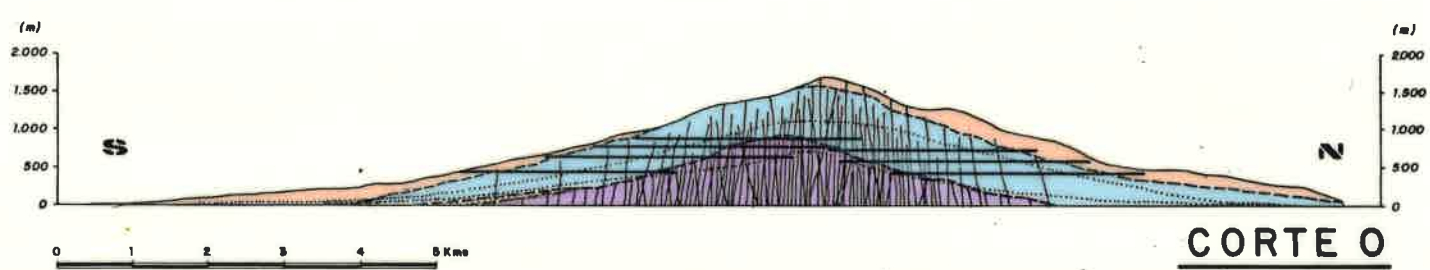
abatimiento son claramente perceptibles desde hace algún tiempo, pues las galerías emboquilladas a cotas altas y medias ya han quedado colgadas por encima de la zona saturada (ver mapa Ref. 2.5) y apenas suministran escurriduras insignificantes, procedentes probablemente de la recarga natural.

2) Las reservas actuales están concentradas casi exclusivamente en la franja subvertical de 3-4 km de anchura que corresponde al eje estructural NE, en donde, además, la infiltración es más eficaz. La extracción de estas reservas sólo puede hacerse con galerías situadas a cotas bajas, de modo que la longitud a perforar aumenta progresivamente con la disminución de cota. Es difícil que en el próximo futuro se acometan obras tan costosas, y la producción de la zona seguirá disminuyendo a medida que las galerías altas vayan quedando por encima del nivel freático.

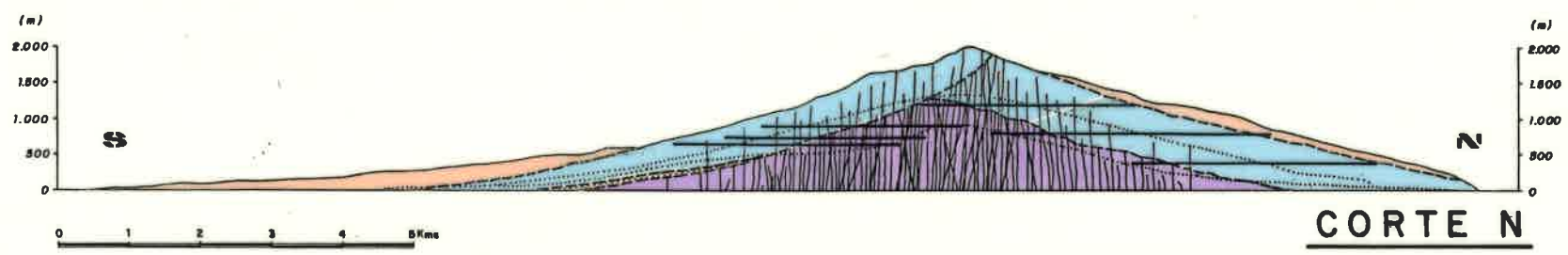
3) La presencia, fuera del eje estructural, de un zócalo impermeable constituido por la Serie I, limita en ambos lados la franja productiva central. En cuanto el nivel freático de esta franja descienda por debajo de la cota del zócalo, la alimentación de los acuíferos costeros quedará reducida exclusivamente a la recarga de agua meteórica, lo cual puede tener una trascendencia negativa en la región Sur de la Isla, de escasa pluviosidad.



**CORTE P**



**CORTE O**



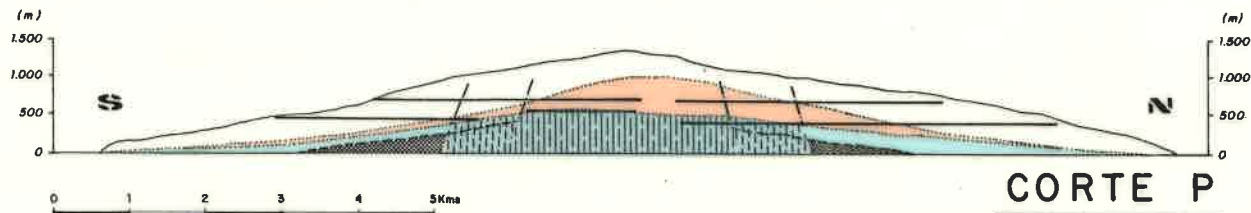
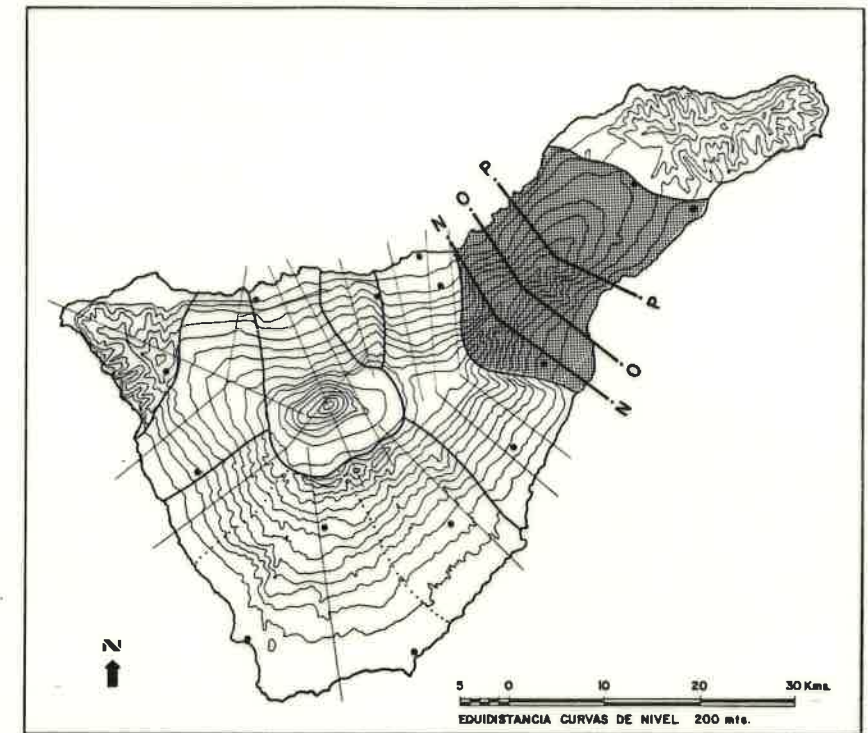
**CORTE N**

**LEYENDA:**

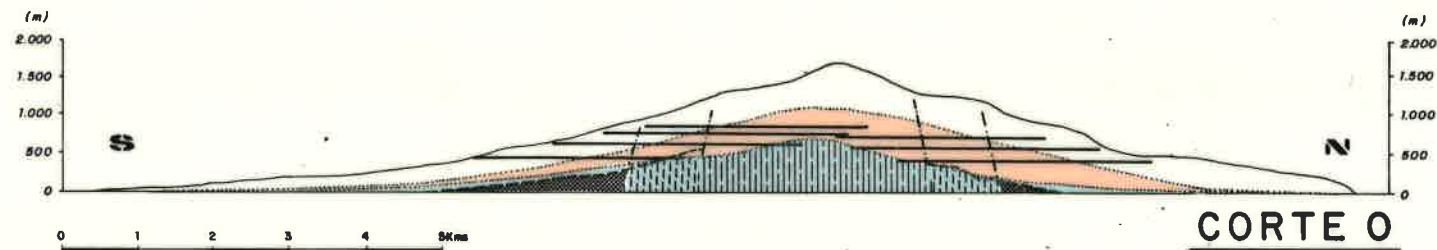
- galería
- red filoniana
- Series Modernas (bas. y traquibas.)
- Mortalón
- Serie Basáltica II
- Serie Basáltica I



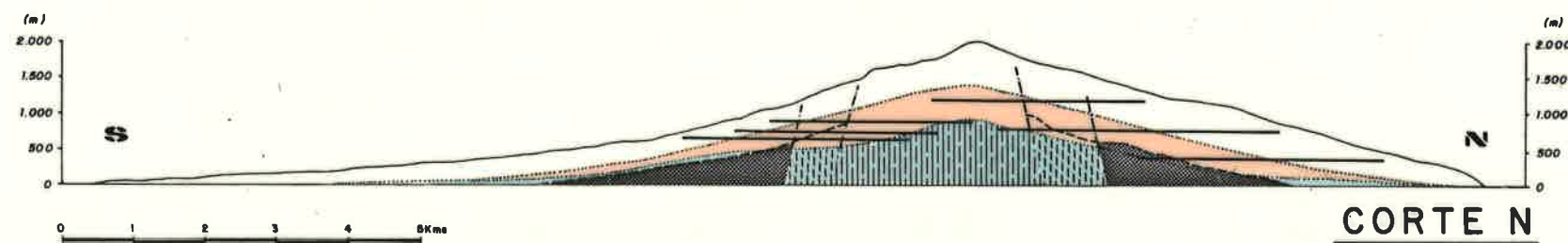




**CORTE P**



**CORTE O**



**CORTE N**

**LEYENDA:**

- galería
- superficie freática inicial
- - - superficie freática en 1985
- zona ya drenada
- zona saturada en 1985
- margen anisótropo de eje estructural;  
alternancia de diques imperm. y franjas de perm. fisural moderada
- núcleo anisótropo de eje estructural;  
alternancia de diques imperm. y franjas de perm. fisural alta
- formaciones con perm. primaria variable entre muy alta y baja
- zócalo impermeable



ZONA VIII

## ZONA VIII

### 1. INTRODUCCION

La Zona VIII se extiende desde la costa NE de la Isla hasta el inicio de la cubeta sedimentaria de La Laguna, así pues se corresponde bastante bien con la denominada Península de Anaga.

Sin duda, la principal característica de este área es la total inactividad eruptiva registrada en los últimos millones de años, ya que este hecho condiciona sobre medida no sólo su aspecto actual sino también todo lo referente a su comportamiento hidráulico.

Se trata de un macizo constituido esencialmente por materiales basálticos con algunas intercalaciones, a modo de domos y pitones, de material fonolítico.

La permeabilidad del conjunto es muy baja, de ahí que el número de perforaciones sea escaso y más escaso aún los caudales alumbrados.

### 2. GEOMORFOLOGIA

Puede asemejarse a la de un tejado a cuatro aguas edificado a partir de una banda central de dirección aproximada N60°E. Aunque el crecimiento del relieve fué similar hacia ambas vertientes, una vez que cesa definitivamente la actividad volcánica y comienzan a actuar los agentes erosivos, esa morfología primitiva se ve profundamente modificada. Por un lado, la acción del mar se deja sentir sobremanera en la vertiente norte, provocando el retroceso de la línea de costas y la formación de numerosos acantilados. Por otra parte, las aguas de escorrentía han ido excavando en las laderas del macizo profundos barrancos, separados frecuentemente por crestas acuchilladas.

### 3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

La península de Anaga aparece conformada en su totalidad por materiales pertenecientes a la Serie I, con la salvedad de una cobertera poco potente de materiales recientes que se localiza en el Valle de Tegueste y que han sido emitidos en la Dorsal de la Esperanza.

De modo general puede esquematizarse como un apilamiento de coladas basálticas, en su mayor parte de tipo aa, con abundantes niveles almagrizados e intercalaciones piroclásticas (que en algunas áreas llegan a ser volumétricamente más importantes que las coladas), y todo ello atravesado a su vez

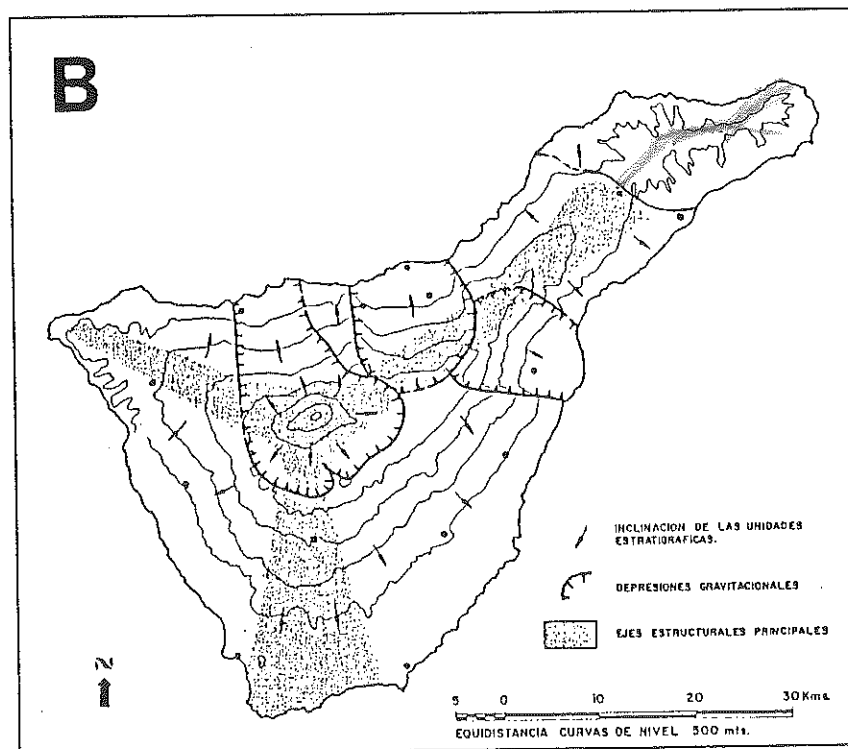
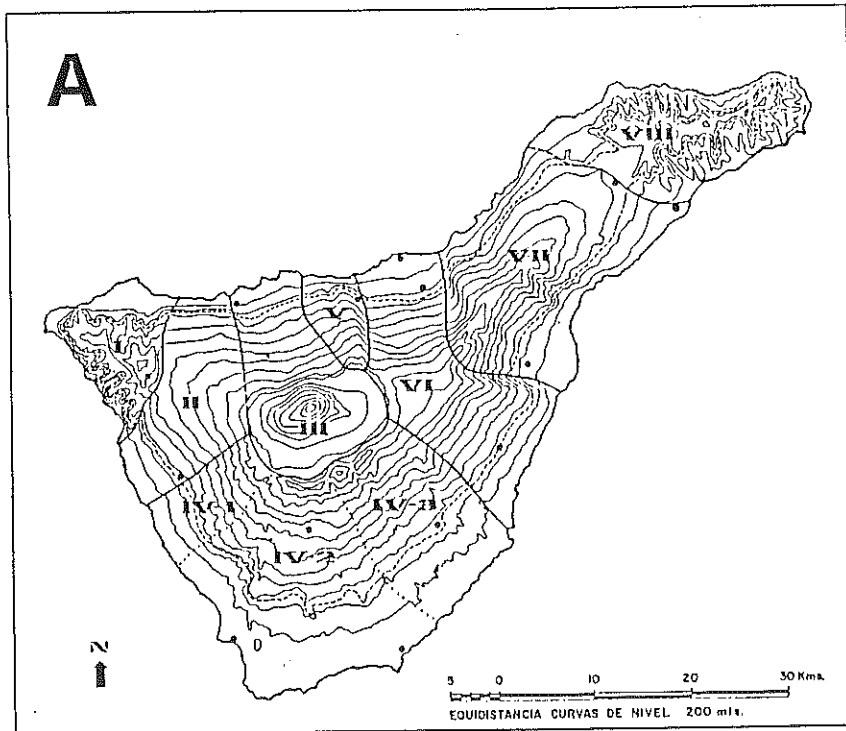


Fig.19.- Situación de la zona dentro de la división general de la Isla (A) y en relación con los elementos estructurales principales (B).

por una densísima red de diques.

Por lo que respecta a las emisiones de naturaleza fonolítica, aparecen en su mayoría en forma de diques y pitones, asociados a algunas coladas.

#### 4. ESTRUCTURA

Los mecanismos de crecimiento del macizo son bien conocidos, al menos en lo que a la porción emergida de este se refiere, y ello es fruto, sin duda, de la intensa denudación erosiva que ha sufrido, y que ha puesto al descubierto su estructura interna.

Así, la formación de Anaga se vertebró a partir del funcionamiento de un eje estructural de dirección N60-80°E, el cual dejó de actuar hace unos 10 millones de años, y que es probable que, en cierta forma, este conectado con el eje estructural NE o Dorsal de La Esperanza.

En un primer momento de la actividad subaerea, se emiten materiales piroclásticos básicos, los cuales evolucionan con el tiempo hacia emisiones lavicas mucho más fluidas. La repetición de este proceso a lo largo del tiempo dió lugar a la formación de la actual estructura del macizo, en la que aparece una banda central de material piroclástico cubierta por coladas basálticas poco potentes que fluían indistintamente hacia ambas vertientes, con buzamientos suaves, entre 5 y 10°.

#### 5. SITUACION HIDROGEOLOGICA

Como ya se dijo con anterioridad, la permeabilidad la Zona I puede considerarse muy baja o nula. Ello es debido a las siguientes circunstancias:

- La permeabilidad primaria de los materiales se ha visto fuertemente reducida como consecuencia de la intensa alteración y compactación que estos han sufrido a lo largo del tiempo, lo cual fué mermando el número de huecos que originalmente pudieran existir.

- La permeabilidad secundaria (fruto de la microfracturación y fisuración, inducida por la elevada intrusión filoniana), dado el largo periodo de inactividad transcurrido se fué atenuando, debido al rellenando de los huecos por materiales procedentes de la erosión y alteración de las rocas adyacentes, los cuales han ido sellando esas posibles vías de circulación.

En base a lo expuesto, la permeabilidad es tan baja que no tiene ningún sentido hablar del actual flujo subterráneo

del agua, sino que éste se localiza, en su totalidad, en superficie a modo de aguas de escorrentía; de ahí que el aprovechamiento de estas aguas deba de hacerse mediante tomaderos y pequeñas presas.

Una situación particular es la existente en el Valle de Tegueste, donde los basaltos antiguos están recubiertos por lavas recientes muy permeables: el agua de infiltración alcanza rápidamente la Serie I y a continuación resbala hacia el mar sobre la superficie inclinada de esta formación, siendo captada por pozos emboquillados a no mucha distancia de la costa.

## 6. GALERIAS EXISTENTES

Escasas y dispersas, en su mayor parte se han perforado en la base de fuertes escarpes o bien en zonas de manantiales naturales, con objeto de incrementar los caudales de estos últimos.

En general, se trata de perforaciones cortas, con una longitud media de 1500 m, que no han obtenido alumbramientos importantes y que están paradas desde el año 73. Como características comunes a todas ellas, destacan las siguientes:

- Todas cortan materiales asignados en su totalidad a Serie I, los cuales aparecen muy alterados y compactados.
- Atraviesan una densísima malla de diques y fisuras de direcciones comprendidas entre N60 y N80°E, la cual representa en muchos casos más del 50% del volumen total.

En base a la denominada historia tipo de las galerías, cabría subdividir las en dos grupos.

### 6.1. GRUPO 1

Reune a todas aquellas obras que nunca han alumbrado un caudal importante. Estas presentan únicamente pequeños goteos y rezumes, relacionados con la recarga directa, los cuales se distribuyen a lo largo de toda la galería, siempre de techo, y localizados, fundamentalmente, en las zonas de contacto entre los diques y la roca de caja.

### 6.2. GRUPO 2

Agrupar a aquellas obras que si han obtenido, aunque sea de forma puntual, alumbramientos importantes. En base a los datos del SPA-15, solo han habido dos explotaciones con estas características, son Los Catalanes y Chabuco. Ambas están emboquilladas en la parte central del macizo, a cotas de 435 y

485 m, respectivamente. El funcionamiento de ambas ha sido similar, así están perforadas en materiales con una permeabilidad primaria muy baja, los cuales debieron interceptar con un acuífero colgado importante, el cual es drenado a través de fisuras y fracturas secundarias no totalmente cerradas. Na vez que se produce el primer alumbramiento importante en ambas galerías, los caudales tienden a ir disminuyendo paulatinamente a lo largo del tiempo.

**APENDICE I**

**GENESIS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS  
EJES ESTRUCTURALES**



## APENDICE I

### GENESIS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EJES ESTRUCTURALES

#### 1. FORMACION Y ASCENSO DEL MAGMA EN LOS NIVELES INFERIORES

El magma que alimenta las erupciones de superficie es generado de una manera continua en una difusa región situada a unos 80-150 km de profundidad bajo la Isla.

En esta región, las rocas del manto experimentan una fusión parcial que afecta al 5-10% del volumen total, generándose de esta forma un fundido de densidad algo menor que el conjunto cristalino en que se aloja, por lo que tiende a ascender. Aunque muy disperso inicialmente, el fundido se va acumulando en masas o bolsas progresivamente mayores que ascienden paulatinamente en forma diapírica, es decir, por deformación lenta de la roca de caja, que a causa de su alta temperatura tiene baja resistencia a los esfuerzos cortantes y se comporta de una manera plástica.

Más cerca de la superficie, tal vez a sólo unas pocas decenas de kilómetros bajo el bloque insular, la litosfera se encuentra a una temperatura considerablemente menor que en los niveles inferiores y su comportamiento reológico pasa a ser rígido en lugar de plástico. Las bolsas de magma ascendente no pueden ya vencer la resistencia al ascenso que opone la roca de caja y se van acumulando en esta frontera reológica, que no corresponde a un cambio en la composición de la roca sino a un estado térmico, por lo que puede desplazarse hacia arriba o hacia abajo a lo largo del tiempo.

Como en los niveles más profundos no cesa la generación de magma, a la zona de acumulación van llegando en forma lenta nuevas bolsas de fundido, que al ser menos denso que la roca de caja ejerce una presión ascensional sobre la capa de material rígido que lo detiene. Naturalmente, el esfuerzo ejercido va siendo progresivamente mayor a medida que aumenta el volumen del magma estacionado.

#### 2. ASCENSO DEL MAGMA EN LOS NIVELES ALTOS

Cuando el empuje ascensional del magma acumulado en la frontera dúctil-frágil supera en magnitud a la suma de: 1) la carga litostática de las rocas suprayacentes, y 2) la resistencia a la fracturación de la porción rígida de la litosfera, el magma comienza a abrirse paso hacia arriba, siguiendo la trayectoria de menor resistencia e intruyéndose como un dique; el mecanismo utilizado es el de fracturación hidráulica forzada de las paredes. Aunque la velocidad media de ascenso

es mucho mayor aquí que en el nivel dúctil inferior, la apertura del camino tiene lugar por desgarrones discontinuos, a saltos, cada uno de los cuales acerca más el dique a la superficie. A estos desgarrones es debida la peculiar sismicidad que preludia a cada evento eruptivo, la cual, significativamente, manifiesta una tendencia general a la emigración ascendente de los hipocentros en los días o semanas precedentes.

En las zonas en que existe una buena red de sismógrafos, como Hawaii, puede apreciarse que el enjambre de hipocentros de la fase precursora está dispuesto según una configuración tabular vertical, orientada paralelamente al eje estructural (Decker, 1986). La longitud de la región hipocentral es de varios kilómetros, tanto en sentido horizontal como vertical, mientras que la anchura es de 1 km por término medio. Esto último revela que la intrusión forzada del dique no sólo fractura la roca en su entorno inmediato sino bastante más allá, en una banda de varios centenares de metros a ambos lados, lo que explica la fracturación generalizada que se encuentra en el ámbito de los ejes estructurales, en donde la intrusión filoniana se ha verificado múltiples veces.

## 2.1. ERUPCIONES

Finalmente, el magma llega al exterior y se produce una erupción fisural. El dique de alimentación sólo intersecta la superficie del terreno en determinados puntos favorables, donde forma conos de escorias y/o salideros de lava. La presencia del dique, que en profundidad es lateralmente continuo, queda señalada por una alineación de centros eruptivos discontinuos, como en la erupción de 1704-1705 en Tenerife, cuyos 7 u 8 pequeños conos forman una sarta rectilínea de casi 20 km de longitud, con interrupciones de hasta 8 km entre ellos.

Además de los puntos de salida de magma, en superficie suele producirse una fisuración abierta del terreno que, en general, sobrepasa en longitud y anchura a la zona propiamente eruptiva. Durante la erupción de La Palma de 1949, por ejemplo, se produjeron grietas no sólo cerca de los centros de emisión, sino también en zonas que, aunque alineadas con aquellos, se encontraban a distancias de hasta 10 km; los testigos presenciales mencionan y fotografían fisuras abiertas de 1 km de longitud y 50 m de anchura (Bonelli, 1950). Naturalmente, muchas de estas fracturas vuelven a cerrarse inmediatamente después de la erupción, pero la repetición de este tipo de eventos en un mismo eje estructural explica la intensa trituración que existe en su ámbito.

Como la erupción implica un cierto vaciado de magma en la zona de acumulación de la frontera dúctil-frágil, no volverá a producirse otro evento hasta que no se alcance de nuevo el volumen crítico en dicha zona. El espaciado temporal entre

erupción y erupción depende, entre otras cosas, de la tasa de generación de magma en la región profunda. Si la tasa es alta, como en Hawaii, el espaciado es corto, y la actividad volcánica puede verificarse casi cada año; en Tenerife, donde las erupciones están espaciadas 100 o más años, la tasa de generación de magma debe ser necesariamente muy baja.

## 2.2. ERUPCIONES ABORTADAS

El magma ascendente no siempre alcanza la superficie. Son muy frecuentes los eventos en que hay sismicidad e incluso apertura de fisuras en el terreno, acompañada o no de fuga de gases. Sin embargo la erupción no llega a producirse, lo que significa que el dique únicamente ha podido propagarse hacia arriba hasta cierto nivel, más allá del cual sólo ha producido fracturación abierta.

Así por ejemplo, en el periodo 1959-1984, en el eje estructural oriental del Kilauea (Hawaii) se produjeron 39 intrusiones filonianas acompañadas de sismicidad y fisuración abierta del terreno, pero sólo 19 de ellas finalizaron con erupciones propiamente dichas; en el mismo periodo, pero en el eje occidental, hubo 10 eventos, 8 de ellos erupciones abortadas (Swanson et al., 1976). Análogo significado puede tener la crisis sísmica de 1936 en La Palma, que no concluyó en erupción.

En definitiva, aunque en el subsuelo de un eje estructural hay una infinidad de diques, muchos de ellos nunca alcanzaron la superficie del terreno, aunque sí indujeron fracturación secundaria. Es probable que las grandes fisuras verticales abiertas que con tanta frecuencia se encuentran en los ejes estructurales, puedan representar la prolongación hacia arriba de diques de este tipo.

## 3. FORMACION DE LOS EJES PRINCIPALES

Por claridad de exposición, en los apartados anteriores ha sido tratado el mecanismo de génesis y ascenso del magma en un momento ya avanzado de la historia de la Isla; ahora será considerada la fenomenología de la fase formativa inicial. En un momento dado, hace algunas decenas de millones de años, comienzan a cambiar las condiciones termodinámicas de la zona del manto situada bajo lo que hoy es Tenerife. Ya sea por un aumento de temperatura o bien por una disminución de la presión dirigida, las rocas del manto comienzan a fundir parcialmente, y los magmas más ligeros así generados tienden a ascender y acumularse en la frontera dúctil-frágil mencionada anteriormente.

La diferencia con el caso tratado en el primer apartado es que, en este momento inicial, el límite dúctil-frágil está

situado en un nivel más profundo, pues siendo una frontera esencialmente térmica, el paso continuo de magma caliente la ha ido aproximando gradualmente a la superficie.

Así pues, el espesor del nivel frágil o rígido de la litosfera es considerablemente mayor en la fase inicial que en momentos posteriores, por lo que la progresiva acumulación de magma bajo él, aunque muy voluminosa, no puede romperlo de modo simple. Por analogía con zonas del globo en que han existido empujes ascensionales de estas características (unión triple del Afar, unión triple del Kavirondo Rift, ambas en el East African Rift Valley), es probable que la primera deformación inducida sea una tumescencia o abombamiento de gran radio, y únicamente cuando ésta ha adquirido suficiente magnitud puede sobrevenir la rotura frágil de la litosfera rígida.

La configuración mínima estable para la rotura en condiciones de tumescencia es una triple fractura convergente (es decir, una estrella de tres puntas), y de hecho son muchos los ejemplos geológicos en que se verifica este diseño. Cada una de las fracturas que componen la estrella tenderá a acoplarse a cualquier elemento de discontinuidad que ya exista en el nivel rígido de la litosfera, por lo que de la estructura de este último dependerá, en definitiva, la configuración que adopte la estrella (es decir, la particular dirección de cada fractura y los ángulos que forman entre ellas). En este sentido, hay que señalar que la corteza oceánica situada bajo Tenerife ha sido generada en la Dorsal Atlántica y que, más adelante, ha estado afectada por las fracturas distensivas del Atlas norteafricano; ello implica que en su estructura han quedado "impresas" tres direcciones de discontinuidad:

- N-S aproximadamente, que corresponde a la directriz de la malla de diques de la Dorsal Atlántica.
- NO-SE aproximadamente, que corresponde a la directriz de las fallas transformantes, también de la Dorsal Atlántica.
- NE-SO aproximadamente, que corresponde al sistema de fracturas del Atlas.

Una vez formada la fractura triple según las tres direcciones anteriores, el magma asciende hasta la superficie siguiendo preferentemente estas trayectorias y, en consecuencia: 1) en cada una de las ramas se formarán diques paralelos a ella, 2) los centros de emisión estarán situados en la zona en que la fractura triple intersecta a la superficie, y 3) el crecimiento del relieve se realizará sobre todo siguiendo una configuración de base triangular, adquiriendo gradualmente la forma de pirámide debido a que la cantidad de magma que llega al exterior es mayor en el punto triple de convergencia que en los segmentos medios y extremos

de cada eje.

La inyección sucesiva de diques paralelos en cada uno de los ejes hace aumentar progresivamente la anisotropía, de modo que cuanto más reciente sea una emisión, más condicionado estará el conducto a seguir una trayectoria predeterminada, y en un eje maduro será difícil que un dique adquiriera una dirección distinta a la de los que le han precedido.

#### 4. FORMACION DE LOS EJES SECUNDARIOS

La historia geológica de Tenerife está jalonada por interrupciones más o menos largas de la actividad volcánica. Durante las más cortas, como la del momento actual, entre erupción y erupción pueden transcurrir 100, 200 ó 500 años, pero la generación de magma prosigue en los niveles profundos. Durante las más largas, tal vez de cientos de miles de años de duración, como la que existió entre las Series I y II, el cese de la actividad superficial parece corresponder a una interrupción (o a una atenuación extrema) de la generación de magma en profundidad.

En este último caso, es decir, si cesa la fusión parcial, es obvio que deja de ascender magma a través de la zona dúctil de la litosfera y, en consecuencia, la distribución de las isotermas en la parte alta de esta última tenderá a abatirse. La frontera dúctil-frágil irá descendiendo progresivamente, lo que significa que, a medida que pasa el tiempo, el espesor del nivel rígido o frágil tiende a hacerse cada vez mayor.

Si después de un lapso no muy corto se reanuda la fusión parcial, el magma comienza de nuevo a ascender y a acumularse en la zona de transición dúctil-frágil. Sin embargo, como el nivel rígido de la corteza es ahora más grueso que cuando cesó la actividad, se reproduce en cierto modo la situación del momento inicial del magmatismo, lo que hace necesario un paso previo de tumescencia antes de que se pueda vencer la resistencia del nivel suprayacente. Cuando finalmente éste cede, lo hace también por medio de una fractura triple en estrella, similar a la inicial.

En esta situación son posibles dos escenarios. En el primero, el ápice de la tumescencia coincide con el punto triple de unión de los ejes estructurales precedentes: la ruptura seguirá las pautas del periodo anterior y la posición de los nuevos ejes coincidirá exactamente con la de los primitivos. En el segundo, el ápice de la tumescencia se encuentra desplazado con respecto a la unión triple precedente: la posición del nuevo punto de convergencia no coincide con la del anterior, pero como las discontinuidades de la corteza siguen siendo las mismas, las tres nuevas ramas seguirán teniendo las mismas direcciones, e incluso una de ellas podrá

superponerse espacialmente a otra de las precedentes.

Son dos, por el momento, los sistemas secundarios conocidos en la Isla. El primero corresponde al edificio de Teno y está yuxtapuesto al eje principal NO; las rocas de este aparato, aunque consideradas genéricamente como Serie I, son probablemente mucho más jóvenes que las de la base del macizo, por lo que pueden haber estado precedidas de un prolongado lapso de calma eruptiva. El segundo corresponde a la Serie II, se encuentra superpuesto al eje principal NE y parece estar asociado a un gran edificio, parcialmente destruido al formarse los valles de La Orotava y Güímar, cuya región somital se alzaría aproximadamente sobre la actual Mña. de la Crucita; la formación de este edificio, que denominamos estratovolcán Arafo, fué precedida del largo periodo de inactividad en que fueron erosionados los relieves de la Serie I.

