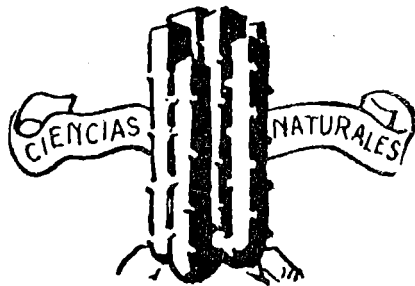


STUDIORUM  
CANARIENSIVM  
INSTITVTVM



REG SANCTI  
FERDINANDI  
VNIERSITATIS



HIDROGRAFÍA DE LAS  
ISLAS CANARIAS

INSTITUTO DE  
ESTUDIOS CA ARIOS



LA LAGUNA - TENERIFE

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
INSTITUTO DE ESTUDIOS CANARIOS  
EN LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

---

MONOGRAFÍAS

SECCIÓN IV: CIENCIAS NATURALES

VOLUMEN XII (3.º DE LA SEC. IV)

631.432(649)

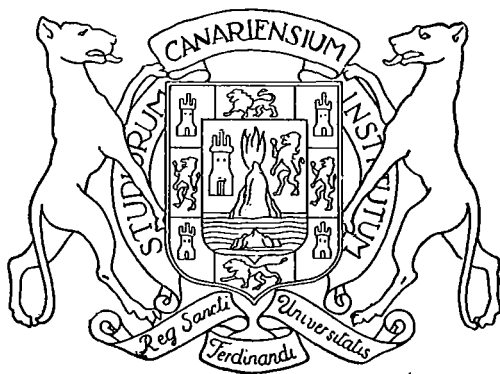
E.S.R. 100

Fondo Filas Serra Rafols.

Dr. Ph. HANS M. HAUSEN

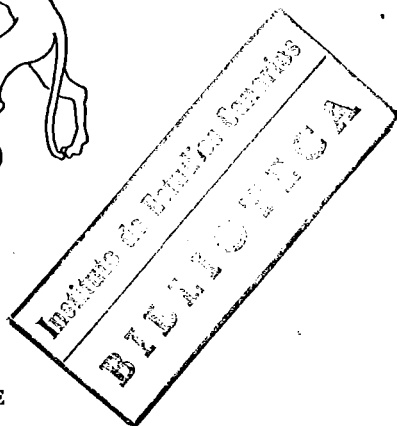
# HIDROGRAFÍA DE LAS ISLAS CANARIAS

RASGOS GENERALES Y RIEGO DE LOS  
CULTIVOS SUBTROPICALES



R. 2278

LA LAGUNA DE TENERIFE  
1954



J. RÉGULO, EDITOR.—IMPRESA GUTENBERG. LA LAGUNA DE TENERIFE

## PREFACIO

*Hemos dedicado aproximadamente dos años (en viajes efectuados a Canarias durante los de 1947, 1948, 1950 y 1953-1954) a realizar estudios geológicos y vulcanológicos en el Archipiélago y especialmente en las islas de Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote. En el transcurso de estos trabajos hemos tenido ocasión de familiarizarnos con las condiciones especiales que reglan el movimiento de las aguas en estas islas, no tanto de las superficiales, que son muy escasas, como de las aguas subterráneas, y con los procedimientos utilizados para su investigación y métodos de alumbramiento. Estas tareas son de suma importancia para el riego de los cultivos subtropicales en las costas de las Islas y a veces también en suelos situados en el interior de Fuerteventura. La economía canaria se basa casi exclusivamente sobre esta clase de agricultura.*

*Aunque estos estudios no han sido el objeto principal de mis viajes a Canarias, se han podido realizar en varias ocasiones gracias a los apoyos recibidos de diferentes personas, dedicadas a la búsqueda y extracción de aguas con toda su complicación de trabajos técnicos, así como a su utilización en los riegos. A todos ellos, especialmente a los señores Ulrique Ahlers y a su hermano Joaquín*

HANS HAUSEN

*Ahlers (Santa Cruz de Tenerife), J. Morell Delgado (Cabildo Insular de Tenerife), J. J. Mujica Aramberría (Compañía Ricasa, Santa Cruz de Tenerife), Simón Benítez Padilla (Cabildo Insular de Gran Canaria), Lorenzo Castañeira (Puerto de Cabras, Cabildo Insular de Fuerteventura), Donato Cabrera (Finca Espinal de Ampuyenta, Fuerteventura) y Eugenio Rijo (Arrecife, Lanzarote) deseo expresar desde aquí mi sincero agradecimiento.*

*Igualmente quiero manifestar mi gratitud a la Junta Directiva de la sociedad científica El Museo Canario, Las Palmas de Gran Canaria, por haberme comisionado para realizar estudios muy extensos en las islas orientales del Archipiélago, que me han permitido aumentar largamente mis experiencias sobre las aguas subterráneas.*

*Este trabajo es en realidad una versión española de otro anterior: On the Ground Water Conditions in the Canary Islands and their Irrigation Cultures, «Acta Geographica» 12, n.º 2, Helsingfors (Finlandia), 1951. La parte teórica de este último está poco alterada; pero, por lo demás, el contenido ha sido aumentado con nuevos datos y concepciones, resultados de mis últimos viajes de 1953-1954 en las Canarias.*

*El Museo Canario, Las Palmas de Gran Canaria, julio de 1954.*

**El autor**



En este trabajo nos proponemos caracterizar las condiciones especiales que reglan las aguas subterráneas del Archipiélago Canario, casi puramente volcánico, de características muy similares a las que concurren en las Islas Hawai, situadas en medio del Océano Pacífico y que se encuentran también en latitudes subtropicales y bajo la influencia de los vientos alisios del sector septentrional.

La acumulación y el desplazamiento de las aguas subterráneas en Canarias es totalmente diferente de lo que se encuentra en casi todos los países europeos, por lo que el visitante hidrólogo o geólogo que llegue por primera vez a estas Islas, con el propósito de estudiar los problema hidrológicos, quedará en la mayor confusión. Pronto podrá darse cuenta de que nada existe más caprichoso que un subsuelo formado por capas volcánicas y sus depósitos asociados, de composición y permeabilidad muy variables y con una estratigrafía irregular.



## FISIOGRAFÍA DE LAS ISLAS

Los edificios volcánicos de las Islas Canarias se elevan bruscamente del fondo del océano, de profundidades que alcanzan más de 3000 metros en la región occidental y cerca de 2000 en la parte oriental, incluido el estrecho que separa las Islas de la cercana costa del continente africano. Las islas grandes del Archipiélago son siete, y además hay algunas más pequeñas en la extremidad noreste de la región, incluidos los insignificantes islotes. El área total del Archipiélago alcanza alrededor de 7617 kilómetros cuadrados (esta cifra varía según diferentes autores). Las islas occidentales son todas muy altas, con vertientes pronunciadas y costas de difícil acceso. De las islas orientales Gran Canaria es también de alturas considerables, pero tiene sin embargo costas bajas (en el este). Las demás islas orientales son relativamente bajas y tienen costas más abiertas, aunque no faltan acantilados costeros.

El punto culminante de todo el Archipiélago es el Pico del Teide en Tenerife, que con sus 3711 metros sobre el mar (fig. 2) es la cima más elevada de todo el territorio español. Contando la altura de esta isla desde el fondo del mar, veremos que representa una masa enorme de material, en su mayor parte al parecer volcánico, que alcanza una altura de 7000 metros.

Al estudiar la fisionomía de las Islas Canarias la encontramos extremadamente variada, no sólo al comparar una isla con otra, sino también dentro de cada una de ellas. Por tal razón no es posible entrar aquí en una descripción más detallada, y recomiendo al lector consulte la *Geografía de Canarias* por Telesforo Bravo, actualmente en prensa.

Para nuestros fines basta con mencionar algunos rasgos sobresalientes de la fisionomía de las Islas y las causas que los generaron.

Como consecuencia de la naturaleza volcánica de las Islas, es claro que dominan las formas volcánicas constructivas en los contornos del relieve, con algunas excepciones. Así, la isla de Fuerteventura está tan profundamente erosionada, que (a pesar de la presencia de algunos conos relativamente modernos) el relieve se ha formado por los agentes externos.

La abundancia de formaciones volcánicas no impide un desarrollo de rasgos topográficos de erosión más o menos acentuados.

En realidad la mayor parte de las Islas está profundamente cortada por el agua superficial, aunque casi no existen corrientes permanentes. Las islas más antiguas, es decir, donde ha cesado hace ya largo tiempo la actividad volcánica, están relativamente más erosionadas. Tal es el caso de la isla de La Gomera y de algunas partes viejas de Tenerife y Gran Canaria.

Teniendo en cuenta la abundancia de los barrancos en el paisaje canario, uno se pregunta cuándo se han excavado estos profundos cortes por los cuales no se ve correr agua torrencial sino durante las lluvias invernales.

Este hecho paradójico se explica, al parecer, de una parte por la gran violencia de las aguas invernales, y de otra por estar los barrancos formados en su mayoría ya en tiempos remotos y de un clima más húmedo. Hay indicios de que muchos de los grandes barrancos son de edad relativamente avanzada, como es el caso en Gran Canaria.

La hidrografía superficial de las Islas Canarias se caracteriza, pues, por un sistema muy complicado y marcado de barrancos que cortan las vertientes y que están secos la mayor parte del año. Esta carencia de agua corriente depende en parte de la gran permeabilidad del fundamento volcánico y en parte de la relativa escasez de lluvias, ambos extremos combinados con una rápida evaporación.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

Depresiones en el terreno que admitan la formación de lagos casi no hay en Canarias, al menos actualmente. De esto hablaremos más adelante, al pasar revista a las condiciones de cada isla.

Como hemos visto, *la hidrografía de Canarias no es una hidrografía superficial*. Ésta existe solamente durante períodos muy cortos, en la temporada del invierno. Nuestra tarea coincide, pues, con el estudio de la circulación de las aguas subterráneas.

Para llegar a un conocimiento más exacto de este régimen subterráneo es necesario conocer la estructura geológica interna de las Islas. En este sentido nuestros conocimientos son todavía muy escasos, a excepción de los rasgos principales. Vamos a estudiar un poco estos últimos en los capítulos correspondientes a cada isla. De momento baste mencionar sólo algunos hechos fundamentales.

Las islas están en su mayor parte compuestas de capas lávicas, con intercalaciones de escorias y de tobas más o menos alteradas. Estas capas tienen generalmente un buzamiento hacia las costas desde el centro elevado de la isla. Hay, pues, vías de movimiento de aguas subterráneas en sentido centrifugal, y se puede hablar de la existencia de un centro hidrográfico de estas aguas, coincidente con el área de mayor precipitación.

Se puede decir también que la red de vías superficiales de agua, los barrancos, tiene el mismo centro hidrográfico que las subterráneas, y el curso de aquéllos refleja el curso del agua invisible. Hay sin embargo muchas irregularidades y sorpresas que deben tenerse en cuenta.

El desplazamiento del agua subterránea está determinado por la presencia de capas impermeables de toba, etc., intercaladas. Son abundantes los diques volcánicos que cortan los conjuntos lávicos y sus tobas juegan un papel importante en la marcha de las aguas subterráneas, al formar embalses naturales e invisibles.

Ya antes mencionamos la gran permeabilidad de la mayoría de las rocas volcánicas. Pero la máxima permeabilidad se encuentra en la superficie misma de las cumbres y de las faldas. El agua de lluvia desaparece, pues, en el suelo, con una rapidez asombrosa. Las tierras más aptas para la infiltración son las arenas volcánicas, los escombros de la descomposición mecánica de las rocas y las superficies de lavas frescas o malpaíses.

*La capa vegetal* juega en la fisionomía de las Canarias un papel relativamente insignificante, comparado con el que desempeña en los países húmedos de Europa. La impresión que deja en el viajero es más bien la de un país seco, de la fisionomía de una estepa o de un desierto, si aquél no considera las vertientes cultivadas delbarlovento de las islas.

Esta cobertura de suelo vegetal es muy variada, debido a la topografía, al clima local o microclima y otras causas edáficas. Como veremos después, se desarrollan a lo largo de las costas cultivos tropicales y subtropicales, además de muchos árboles y plantas de especies traídas de varias regiones de bajas latitudes del mundo. En las alturas medias se encuentra la zona de las lauráceas, mientras que en la zona alpina se ha desarrollado el bosque de coníferas (especie endémica: *Pinus canariensis*), en parte reemplazado por la *Erica arborea*. Hay hermosos pinares en La Palma, en El Hierro, en Tenerife y en algunas partes aisladas de Gran Canaria. La Gomera carece de pinar, pero tiene la laurisilva bien desarrollada en la altiplanicie o zona de las nubes; las islas más orientales no tienen bosques de ninguna clase. Lo único que se ve son grupos aislados de palmeras en el fondo de los valles (en la cercanías de fincas) o filas de tarajales que bordean los barrancos en algunas partes bajas de las Islas.

Está en marcha una repoblación del pinar en muchas partes de las Canarias; pero aún ha pasado poco tiempo para que se manifiesten los resultados en el paisaje.

Los cinturones de bosques en las islas occidentales son muy importantes como condensadores de la humedad del aire, y esta condensación tiene lugar al ponerse en contacto las nubes del alisio con los árboles situados en las zonas de alturas comprendidas entre los 1000 y los 1700 metros aproximadamente.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Véanse los mapas forestales contenidos en el trabajo de CEBALLOS y ORTUÑO *Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de las Canarias occidentales*, Madrid, 1951.

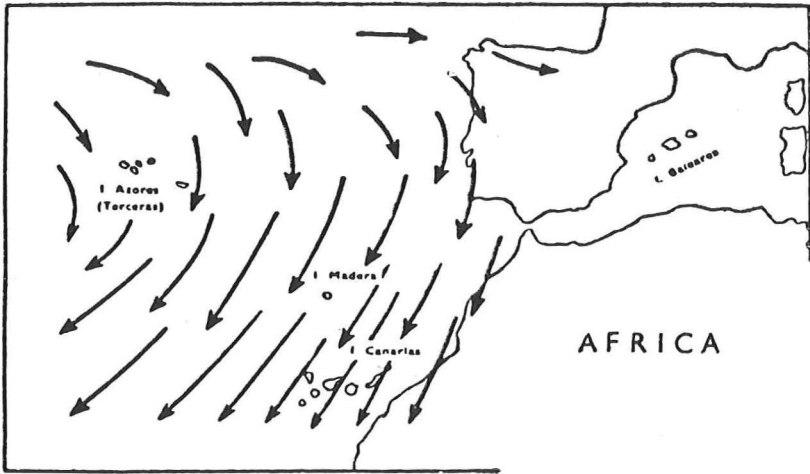


Fig. 1.—Mapa esquemático de las direcciones dominantes de los alisios durante el verano en la región atlántica centro - oriental.



Fig. 2.—Vista del Pico del Teide cubierto de nieve (en el invierno) desde el noroeste. Abajo, nubes de alisios.

(De una tarjeta postal)

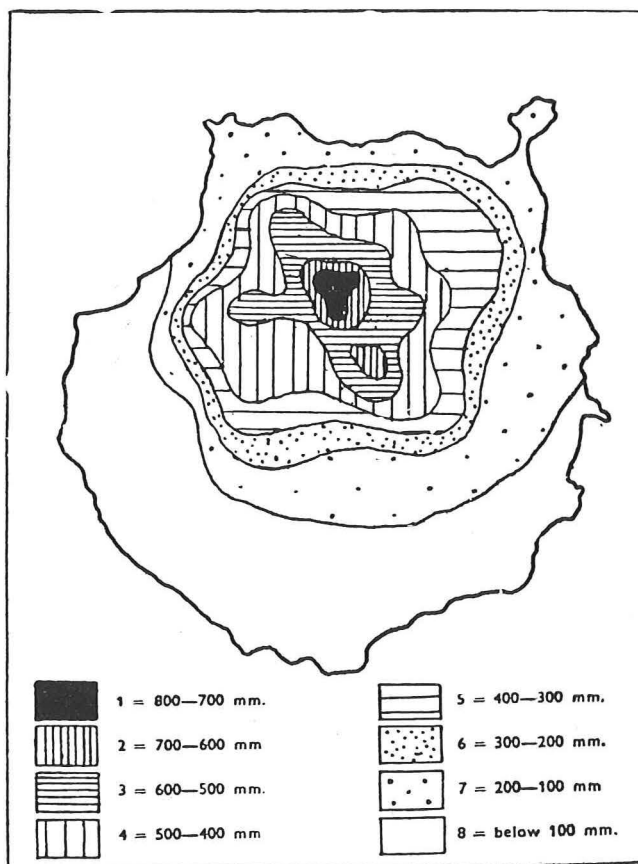
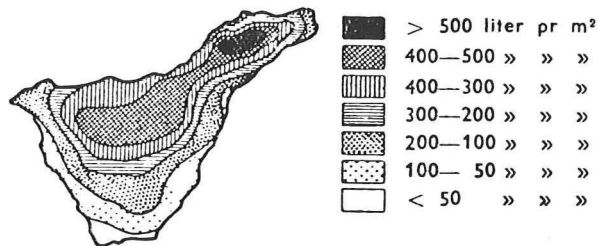


Fig. 3.—Mapas pluviométricos de las islas de Tenerife y Gran Canaria (precipitaciones anuales).

(De la «Revista Financiera del Banco de Vizcaya. Islas Canarias», N.º 76, Bilbao 1950)



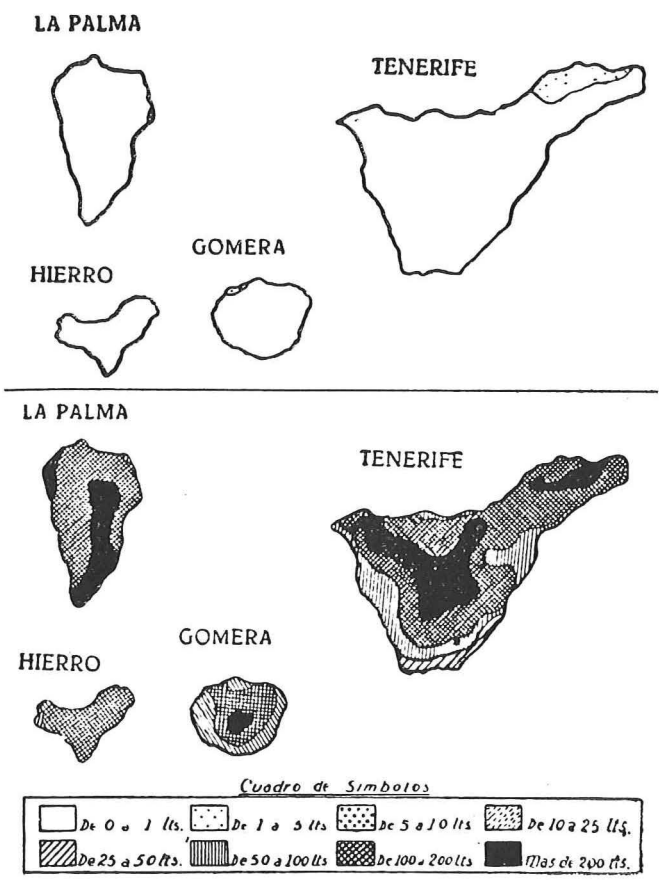


Fig. 4.—Mapas pluviométricos de las islas occidentales del Archipiélago con las precipitaciones correspondientes a los meses de julio (arriba) y marzo (abajo) del año 1949. Los dos mapas demuestran claramente la gran diferencia de la pluviosidad en las dos estaciones del año.

(Del «Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Tenerife», 1949)

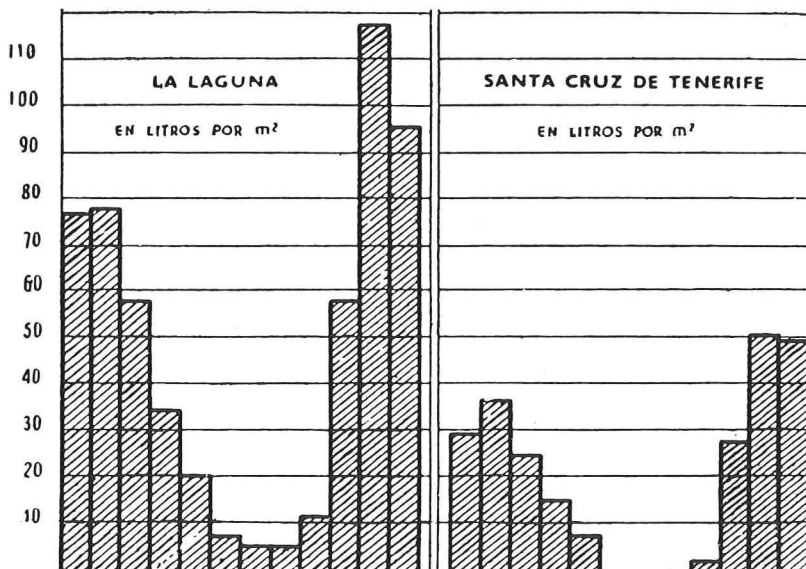


Fig. 5.—Diagrama de pluviosidad correspondiente a cada uno de los meses del año 1949, tomados en dos estaciones de observación (La Laguna y Santa Cruz de Tenerife).

(Del «Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Tenerife», 1949).

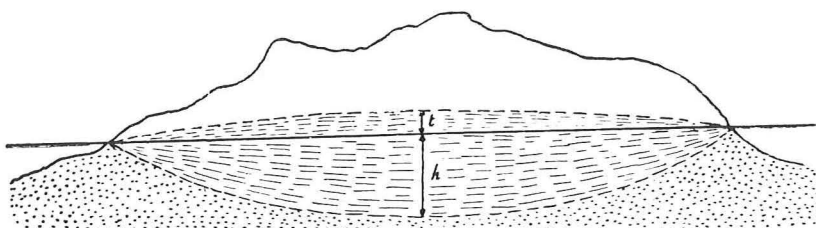


Fig. 6.—Corte esquemático de una isla volcánica. En blanco: zona de infiltración (zona vadosa). Rayado: agua potable basal de la isla descansando sobre la salada del mar (punteado).  $t$ , altura del límite de saturación sobre el nivel del mar;  $h$ , desplazamiento del agua del mar por el agua basal. Escala vertical muy exagerada.

## CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las Islas Canarias están situadas entre los 27° 37' y 28° 24' de latitud norte. El clima y especialmente la temperatura son muy agradables, habida cuenta de esta situación subtropical. Tenemos aquí en cierto modo un clima marítimo. Las grandes diferencias que se observan entre estas Islas y el Sáhara, a pesar de su proximidad, se deben principalmente a dos circunstancias: en primer lugar, a la corriente oceánica de Canarias, que atraviesa las aguas del Archipiélago en dirección sur y trae aguas frías de latitudes más altas, y en segundo a la influencia de los vientos de los sectores septentrionales que soplan la mayor parte del año. Durante los meses de invierno se producen a veces tormentas ocasionadas por vientos procedentes de otras regiones del Atlántico. No obstante, la estación del invierno es igualmente agradable, especialmente en las regiones costaneras. Aquí se observan en realidad muy pequeñas variaciones de la temperatura a lo largo de todo el año. En las regiones más altas la situación es bastante diferente: el clima asume cambios esenciales. Aumenta la nubosidad y la humedad, como ya hemos visto, y la temperatura anual disminuye al aumentar la altura. Las regiones más altas situadas por encima de las nubes de los alisios (en Tenerife y Gran Canaria) forman una provin-

cia climática de temperaturas extremas acusadas durante el año. En el invierno nieva frecuentemente.

El conocimiento del clima de las Canarias es naturalmente de gran importancia para llegar a conocer el origen y la circulación de las aguas subterráneas; con todo, hasta hace un tiempo relativamente corto no se ha dedicado la atención debida a estos estudios esenciales.

Existen en las Islas relativamente pocas estaciones todavía para observaciones permanentes y completas de las condiciones climáticas, y de todas ellas *sólo una* viene funcionando desde poco después de la mitad del siglo pasado (Instituto de La Laguna de Tenerife). Sin embargo, los estudios meteorológicos progresan rápidamente y se han establecido nuevas estaciones en los últimos años.

Bosquejemos ahora los rasgos principales del clima canario, empezando por la temperatura. Los datos se refieren a estaciones situadas en las costas o en regiones de alturas medias; son muy pocas las observaciones que se refieren a *zonas altas*.

Las temperaturas normales en las regiones costeras de Canarias oscilan poco, como hemos mencionado, es decir, entre 19° y 25° como media. La temperatura de la capital de Tenerife, Santa Cruz, tiene una variación media anual de 6.4° C. La variación correspondiente a La Orotava, situada en la vertiente norte de la misma isla pero a una altura de 400 metros, es de 6° C. La capital de Gran Canaria, Las Palmas, situada en la zona costera del noroeste, presenta una variación de 7° C. Estas amplitudes se hacen mayores a medida que se asciende hacia las regiones más altas. En la estación más alta de todo el Archipiélago, Izaña en Tenerife (2367 metros de altura), existen variaciones medias de 13° C. Las temperaturas extremas en estas regiones pueden ser considerables. Así en la Cañadas de Tenerife se han registrado temperaturas mínimas de hasta 16° C. bajo cero (altura 2200 metros). En el verano la intensa insolación, en estas regiones sobre las nubes, produce un extraordinario calor.

En general se puede decir que las vertientes de sotavento de las islas occidentales, incluida Gran Canaria, muestran temperaturas algo más elevadas, debido a la escasa nubosidad y como con-

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

secuencia de una insolación más permanente en el transcurso del año. En las islas más orientales la insolación es aún más notable, lo que produce, como veremos, un clima muy seco.

La frescura del aire tan conocida en las Canarias se cambia bruscamente cuando empieza el viento tormentoso llamado de levante, que sopla de la dirección del Sáhara. Entonces la temperatura se eleva hasta más de 40° C. a la sombra y el calor persiste durante toda la noche. Es un aire muy seco, que lleva consigo un polvo fino de las tierras desérticas del vecino continente. Pero este viento muy desagradable dura por lo general pocos días.

De la misma manera que en el régimen mediterráneo, la estación de las lluvias corresponde a los meses de invierno, mientras que los largos veranos (que comprenden también el comienzo del otoño) son muy secos. No obstante, cada isla tiene condiciones muy variadas a este respecto.

Las masas de aire de los vientos alisios, al chocar con las islas occidentales (incluso Gran Canaria), se elevan por las vertientes hacia las regiones más frías. La humedad del aire se condensa adiabáticamente, formándose una capa de nubes que casi todos los días de la temporada cálida está situada entre los niveles 800 y 1700 metros, pero que llega hasta alcanzar alturas de 2000 metros, y a veces algo más. Esta capa de nubes, debido a su extensión sobre las vertientes septentrionales, impide la insolación y al mismo tiempo la evaporación de la humedad de la tierra, hecho de importancia teniendo en cuenta la pluviosidad relativamente limitada de las zonas costeras en cuestión. Las regiones altas que quedan en contacto con las nubes de los alisios tienen, como hemos dicho, una humedad elevada, que va condensándose aquí por medio de bosques, como también por medio del suelo mismo (rocas, riscos), cuando éste se encuentra en contacto con la bruma.

En las regiones elevadas coincidentes con la posición de las nubes, tenemos lluvias muy frecuentes, parte en forma muy fina y parte en forma torrencial. Las vertientes de sotavento ofrecen un aspecto diferente, por la escasez de nubosidad y de humedad, aunque en las alturas, en las islas occidentales, también pueden formarse capas de nubes en cualquier estación del año, que traen a veces cierta cantidad de lluvias. El régimen de pluviosidad co-

rrespondiente a las islas elevadas occidentales, junto con Gran Canaria, al tener todas su barlovento húmedo y su sotavento más seco, no tiene aplicación a las condiciones de Fuerteventura y Lanzarote. Debido al relieve más suave de estas Islas y por la orientación de su eje longitudinal, los alisios no encuentran obstáculos de importancia, por lo que la nubosidad es escasa.

Consideremos ahora con algo más de detalle la pluviosidad en las Canarias, refiriéndonos a los mapas pluviométricos publicados localmente.

Se conocen las precipitaciones acuosas mensuales y anuales de algunas islas, a través de observaciones realizadas por diferentes estaciones meteorológicas; pero estos datos no corresponden, como he mencionado, a períodos de tiempo muy largos, excepto los facilitados por las estaciones más antiguas. Esta circunstancia impide que pueda conocerse con exactitud la cantidad de lluvia y nieve precipitadas, ya que los valores registrados en las diferentes estaciones varían mucho de un año a otro. A continuación presentamos un cuadro de valores medios de precipitación anual, correspondiente a diferentes zonas:<sup>1</sup>

Santa Cruz (Tenerife).	. . . . .	243.8 mm.
La Laguna.	» . . . . .	568.4 »
La Orotava.	» . . . . .	409.5 »
Güímar	. » . . . . .	206.4 »
Observatorio de Izaña (Tenerife)	. . . . .	420.3 »
Valleseco (Gran Canaria)	. . . . .	790.0 »
Teror	. » . . . . .	526.0 »
Tenteniguada	» . . . . .	456.0 »
Gáldar	. » . . . . .	154.0 »
Las Palmas	» . . . . .	144.0 »
Mogán	. » . . . . .	78.0 »

Las estaciones de Güímar y de Mogán están situadas en la región de sotavento en las islas respectivas, caracterizadas, como hemos dicho, por la escasa cantidad de lluvias. La precipitación

<sup>1</sup> Datos facilitados por el «Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Tenerife» y tomados de la publicación «Banco de Vizcaya», revista financiera, Islas Canarias, año XIX, núm. 76, Bilbao, 1950.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

relativamente insignificante correspondiente a Las Palmas y Gáldar (Gran Canaria), a pesar de estar situadas en la parte de barlovento, puede explicarse considerando que esta zona costera de la isla se encuentra fuera del límite exterior de la capa de nubes.

Los valores indicados anteriormente no corresponden a los mismos períodos de tiempo, debido a la diferente antigüedad de las estaciones, y pueden cambiar mucho en distintos períodos, ya que las variaciones correspondientes a diferentes series de años pueden llegar a ser muy grandes. No hemos tenido a nuestra disposición los valores correspondientes a las precipitaciones anuales en las otras islas. El Hierro y las islas más orientales seguramente tendrán valores anuales muy pequeños.

Los datos de precipitación consignados corresponden casi en su totalidad a las lluvias del invierno. En la figura 5 se observan *dos máximos* de precipitación correspondientes uno al mes de noviembre y otro a los meses de febrero y marzo.

Las lluvias invernales son por lo general muy fuertes y de relativamente corta duración, lo que, junto con la extraordinaria porosidad de las rocas volcánicas, impide la existencia de ríos perennes, excepto en algunos barrancos de la región de barlovento, donde excepcionalmente los manantiales son de cierta consideración (barranco de Hermigua en La Gomera y barranco de las Angustias en La Palma, cuyos manantiales se encuentran en la cumbre de barlovento).

Durante nuestra estancia en la región de Buenavista (Tenerife) en el invierno del año 1950, tuvimos oportunidad de presenciar unas lluvias torrenciales que duraron algunos días. Los barrancos en esta región se convirtieron rápidamente en caudalosos ríos de aguas turbulentas que se desplazaban en cascadas hacia la costa. Un cañón que atraviesa la villa de Buenavista y desciende del valle calderiforme de Palmar Segovia en Teno, se convirtió durante una noche en una catarata del tipo Niágara. Pero tan pronto como cesaron las lluvias desaparecieron estos torrentes.

## **A. LAS ROCAS DEL SUBSUELO Y SUS GRADOS DE PERMEABILIDAD**

Como ya hemos indicado anteriormente, las Islas Canarias representan, con algunas excepciones (Fuerteventura y Lanzarote), un conjunto de edificios volcánicos muy altos, que aparentemente surgen del fondo mismo del océano. La estructura geológica particular de cada una de estas islas es muy complicada, y no podemos entrar en una descripción detallada de ellas, dada la índole de este trabajo. Solamente consideraremos los aspectos generales de su geología (litología), especialmente aquellos que tienen una mayor significación en el comportamiento de las aguas subterráneas.

Las islas occidentales presentan en general una estructura algo similar, pues cada una de ellas tiene un centro común geológico, morfológico e hidrográfico. Hay un buzamiento algo escudiforme, con una gran sucesión de capas volcánicas de lavas, escorias, tobas y aglomerados, todas ellas cortadas por diques más o menos verticales y de orientación diversa. También son atravesadas las series por numerosas chimeneas de volcanes parásitos rellenas con lava.

Las islas más orientales (Fuerteventura y Lanzarote) no corresponden a las consideraciones que acabamos de indicar. La primera presenta una antigua meseta con formas de erosión muy avanzadas, y la última, habiendo sufrido igualmente una erosión impor-



## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

tante, está cargada con materia volcánica en su sector central, procedente de erupciones muy modernas, y no presenta, sin embargo, un centro volcánico dominante. Los conos volcánicos están distribuidos por una gran parte de la isla.

*Las rocas lávicas* son de clases muy diferentes, como se sabe por las investigaciones realizadas hace más de un siglo. La composición petrográfica varía desde los tipos más básicos hasta los que corresponden al grupo rico en sílice (riolitas). En gran cantidad se ven basaltos picríticos, basaltos olivínicos, basaltos augíticos y basaltos con plagioclasa. Además hay basanitas y tefritas, traquibasánitas y traquitefritas, andesitas, fonolitas, traquifonolitas y traquitas y por último (en Gran Canaria) se encuentran también riolitas, todas ellas con muchos miembros de transición.

Estas lavas son generalmente muy permeables, debido a la abundancia de grietas, fracturas, vesículas alargadas y canales tubulares, los últimos formados durante el período de enfriamiento de la corriente de lava. Son muy frecuentes los sistemas de grietas verticales, que forman columnas hexagonales con eje perpendicular a la superficie de la lava. En otros casos, como en las capas gruesas de fonolitas, se nota una laminación horizontal de la roca, generalmente combinada con sistemas de grietas verticales.

*Las capas de escorias* son las más permeables de toda la serie volcánica. Estas capas se encuentran principalmente en la base de una capa lávica y encima de algún estrato de toba más o menos impermeable. También la superficie de las corrientes de lava presenta una costra de escorias. En realidad las capas de escorias representan las vías más importantes de migración del agua subterránea.

Juegan también un papel importante en la circulación de las aguas *los diques volcánicos* más o menos verticales que cortan todo el conjunto de capas lávicas. Estos diques representan grandes fracturas llenas de magma (lava flúida) que se ha enfriado en la abertura. La repartición de los diques y su rumbo son muy variables. Son más abundantes en las cadenas altas de las Islas que en regiones costaneras.

Hay que considerar principalmente dos clases de diques: los diques basálticos y los diques fonolito-traquíticos. Los primeros son en parte muy densos, pero en parte divididos en columnas per-

pendiculares a la pared del dique. Los diques traquíticos tienen muchas veces una laminación paralela a la pared del dique.

Los diques densos son muy impermeables. Lo mismo se puede decir de los diques con la laminación concordante con la pared, (las traquitas, etc.) Por otro lado, los diques basálticos, con su multitud de grietas perpendiculares a las paredes, son permeables y dejan pasar el agua con facilidad por las grietas.

Los diques volcánicos se encuentran, como hemos dicho, con gran frecuencia en las regiones altas de las Islas. Tienen una tendencia general a orientarse a lo largo del eje principal de las cadenas montañosas, como es el caso por ejemplo en la península de Anaga y en la cumbre de Pedro Gil en Tenerife, en cuyas cadenas forman una zona de rumbo longitudinal. No obstante, se encuentran otros diques que atraviesan este rumbo longitudinal y forman compartimientos de diques más o menos cerrados. Más adelante veremos la gran importancia que tienen estos compartimientos en la circulación de las aguas.

Entre los miembros litológicos de las Islas son también de suma importancia, en sentido hidrográfico, *las capas de tobas más o menos transformadas* en sustancia arcillosa, como asimismo ciertas capas arcillosas tapadas por lavas pero que fueron antiguas superficies de la isla. Todas estas capas son de alta impermeabilidad y, por consiguiente, dirigen las corrientes de aguas subterráneas, como luego veremos. Estas capas son generalmente de color rojo y de composición laterítica: es lo que en las Islas se llama *almagre*. Tales capas arcillosas se repiten muchas veces en una sola serie de mantos lávicos, pero son de poca extensión en la dirección lateral así como también en la dirección de declive.

Una sucesión común en una serie lávica es:

- capa de escorias
- capa de lava (con grietas, etc.)
- capa de escorias
- estrato de toba arcillosa
- escorias
- capa de lava, etc., etc.

Un tipo litológico de origen volcánico está representado por la *puzzolana*, que es una masa consistente de tobas traquíticas o fo-

nolíticas con muchos poros rellenos de un polvo amarillo soluble en agua. La masa contiene también abundancia de fragmentos angulosos de lavas, irregularmente distribuidos. La puzzolana que se encuentra en grandes capas en el sur de Tenerife y también en el subsuelo de Gran Canaria es un material esponjoso capaz de almacenar grandes cantidades de agua. Ello es debido a la porosidad y a las muchas grietas que atraviesan irregularmente la roca.

Un papel importante para la absorción de las lluvias juegan *las capas superficiales de tierras porosas y de malpaíses lávicos* de las erupciones recientes. Por otro lado, las capas arcillosas superficiales ofrecen resistencia a la infiltración, como es el caso, por ejemplo, del interior de Fuerteventura.

Las tierras de las Islas Canarias son todavía poco conocidas en sentido petrográfico, y tampoco se ha fijado la extensión de cada uno de los tipos encontrados. No podemos entrar aquí en una descripción pedológica, por lo que nos limitaremos a mencionar los tipos más importantes en términos generales.

Un suelo muy poroso está representado por arrastres pedregosos, producto de la descomposición mecánica (cambios de la temperatura, efecto de la insolación). Las Cañadas, en Tenerife, son una región típica de tales arrastres. Condiciones iguales se encuentran en las montañas altas de Gran Canaria y especialmente en las montañas de las islas más orientales.

Áreas de suma permeabilidad están cubiertas por una arena volcánica de erupciones relativamente recientes. Esta arena se encuentra alrededor de los conos parásitos, principalmente en las faldas bajas de las Islas. La extensión más amplia de tales campos de arena existe en la isla de Lanzarote junto con los malpaíses de lavas. Otros campos de arena de importancia encontramos en la isla de La Palma, en Fuencaliente.

Los malpaíses de lavas son en general de una extensión limitada, pero en Lanzarote hay verdaderos «mares» de tales campos. Claro es que una superficie de tal configuración absorbe fácilmente las lluvias.

Una materia de igual permeabilidad presentan también los conos volcánicos con sus cráteres, que se componen principalmente de escorias, piedras y lapilli.



## **B. MOVIMIENTO DE AGUAS**

### **PRINCIPIOS GENERALES**

Después de las consideraciones que acabamos de hacer sobre las diferentes clases de rocas que constituyen las Islas y su capacidad para absorber las aguas de las lluvias y las subterráneas y que controlan su movimiento, circulación y filtración hacia niveles más bajos, veamos a continuación el comportamiento de las aguas por sí mismo.

#### **a) AGUAS SUPERFICIALES DE LLUVIAS**

Las principales manifestaciones de las aguas superficiales corresponden a las lluvias (del invierno) y a la nieve que en las grandes alturas se transforma pronto en agua. Estas aguas buscan, en gran parte, su salida por el curso de los barrancos, hacia el mar. Otra parte desaparece en el suelo y el resto se evapora. La relación cuantitativa entre estas tres partes varía mucho, según las condiciones locales.

El agua superficial desarrolla grandes fuerzas erosivas en los barrancos al transportar materiales sueltos, incluso bloques de grandes dimensiones. Pero la acción erosiva es en Canarias de corta duración, pues cesa con la terminación de las lluvias. A juz-

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

gar por las formas erosivas que se ven en todas partes de las Islas, se puede suponer que anteriormente el clima era mucho más húmedo y que aquí también existieron ríos permanentes.

El agua de lluvias que corre por los barrancos se pierde en su mayoría en el mar. Únicamente donde se han construído presas para mantener esta agua se puede salvar alguna parte de líquido tan importante para los riegos. Pero, como veremos más adelante, tal construcción de presas ofrece muchas dificultades técnicas, debido al marcado gradiente de los barrancos, que desarrollan una fuerza erosiva devastadora.

Sin embargo se han construído obras para coger las aguas de lluvia en una escala importante en la isla de Gran Canaria, donde las condiciones son algo más favorables.

### b) AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para el riego de cultivos es mucho más importante en Canarias el agua subterránea que, como luego veremos, se extrae de maneras diferentes.

Las aguas subterráneas procedentes de las lluvias y de la nieve en las grandes alturas se desplazan continuamente hacia abajo, pasando por las diferentes capas que antes hemos caracterizado. Por la fuerza de gravitación la tendencia del movimiento es hacia la base de la isla, pero las aguas encuentran pronto en su camino capas que las desvían. Se puede decir que en cada una de las islas occidentales (incluída Gran Canaria) hay una tendencia de movimiento de las aguas subterráneas en direcciones radiales hacia las costas (movimiento centrifugal), aunque este esquema general ofrece muchas irregularidades. Más adelante consideraremos detalladamente este movimiento en cada una de las islas, sujeto a su estructura geológica particular.

#### ÁGUAS SUBTERRÁNEAS DE REGIONES ALTAS ALMACENADAS SOBRE CAPAS IMPERMEABLES Y ENCERRADAS ENTRE DIQUES VOLCÁNICOS (AGUA DE DIQUES)

Si las Islas estuvieran formadas por masas eruptivas más o menos homogéneas, es decir, por *batolitos plutónicos* y de alguna per-

meabilidad, las aguas subterráneas se acumularían en niveles bajos y, por lo tanto, su extracción tendría que realizarse únicamente en regiones costeras. Por fortuna no es esto lo que ocurre; una parte considerable de las aguas infiltradas en las regiones altas se encuentra en su movimiento descendente con capas de cierta impermeabilidad intercaladas en las series volcánicas. Como hemos visto, se trata generalmente de tobas alteradas en sustancia arcillosa. El movimiento de las aguas queda entonces retenido y la dirección de infiltración hacia abajo cambia, al ser forzadas las aguas a moverse sobre las capas impermeables, de acuerdo con el buzamiento, que generalmente es hacia las costas.

Debido a la presencia de muchas capas impermeables en las series volcánicas del subsuelo de las faldas, se forman varias corrientes (vías de infiltración) en la dirección de estas capas.

Como hemos visto anteriormente, en las cadenas montañosas se encuentran muchas veces diques en abundancia, orientados en la dirección longitudinal, y este sistema, a su vez, aparece cortado por otros diques con rumbos distintos, de tal manera, que se forman compartimientos entre los diques. Las aguas infiltradas de arriba y retenidas por capas impermeables en su curso hacia abajo quedan almacenadas en estos compartimientos de altos niveles. Estas aguas se llaman en las Islas «aguas de diques».

Naturalmente ninguno de estos diques es del todo impermeable y lo mismo se puede decir de las capas arcillosas que retienen las infiltraciones de arriba. Así se produce una pérdida continua de agua, con lo que la circulación no queda totalmente interrumpida. Cada uno de estos compartimientos tiene su nivel de agua en el límite de saturación de los poros y huecos (grietas, etc.) del conjunto. Este límite de saturación no es constante, pues depende del grado de permeabilidad relativa de las capas de abajo y de la cantidad de agua infiltrada de arriba. En general se puede decir que al fin del período de las grandes sequías (estación del verano) este límite de saturación se encuentra más bajo, mientras que al terminar el período lluvioso (fin del invierno) dicho límite ha subido a una posición más alta.

No se conoce todavía mucho de las situaciones del agua subterránea de los diques en las Islas y especialmente del movimiento

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

oscilatorio de los límites de saturación de los compartimientos. Juzgando por lo que se ha comprobado en las Islas Hawai, se puede suponer que los límites de las aguas en cuestión están escalonados de tal manera, que se encuentran más altos en la zona culminante (zona central de la cadena) y más bajos a ambos lados de la cadena central.

Las aguas de diques son de buena calidad y sirven bien para el riego de plátanos. Se extraen por medio de túneles, como veremos más adelante. Estos túneles atraviesan los diques y cuando se perforan dan salida al agua en abundancia al principio de la explotación.

### AGUAS SUBTERRÁNEAS QUE SE MUEVEN POR EL SUBSUELO DE LAS FALDAS HACIA LAS COSTAS DE LAS ISLAS (AGUA DE CAPAS)

Los diques se encuentran, como hemos mencionado, principalmente en las regiones altas de las Islas, y disminuyen en cantidad a medida que nos acercamos a las costas. Por eso las aguas que no han sido retenidas por diques arriba, salen en gran parte por las capas permeables en el conjunto que forman las faldas. Se trata de un movimiento continuo, una infiltración lenta, y las aguas en movimiento reciben en su marcha agua aditiva llegada por vía de infiltración a través de las faldas mismas y de los fondos de los barrancos.

Esta agua de las faldas se reparte por vías diferentes sobrepuetas, hasta niveles bastante bajos. Las corrientes más explotables se encuentran en capas relativamente bajas, y por eso se las alumbra y se las explota (por medio de pozos) en los fondos de los barrancos. Las vías de esta clase de avance son bastante caprichosas, debido a la gran complicación de la estructura volcánica. Por eso hay mucha dificultad en fijar el sitio más conveniente de explotación. La calidad de estas aguas es generalmente tan buena como la de las aguas de diques. En regiones donde hay capas de travertino, como es el caso en muchas faldas de las islas orientales, el agua filtrada recibe soluciones salobres procedentes de este travertino.

Las aguas de las faldas salen a la luz muchas veces en forma de fuentes que brotan en el fondo o en las paredes de los barran-

cos. En tiempos anteriores, antes de la explotación hidráulica en gran escala, la población dependía únicamente de estos nacientes naturales, y todavía en nuestros días se aprovecha de estas fuentes cuando llevan cantidades considerables de agua, que almacena en estanques.

Las fuentes aparecen casi siempre en lugares donde un barranco ha cortado una capa impermeable intercalada entre capas de lavas; como hemos visto, se encuentra una capa de escorias inmediatamente encima de la capa impermeable (de toba arcillosa).

Las fuentes de las faldas han sido de importancia para la localización de trabajos de alumbramiento de corrientes subterráneas, y muchas galerías han sido abiertas en sus proximidades y emboquilladas en el fondo de un barranco.

Podríamos enumerar aquí una gran cantidad de fuentes en las diferentes islas, pero estos datos los dejamos para un capítulo posterior.

Claro es que una gran parte de las fuentes no tiene carácter permanente, ya que desaparecen al fin de la estación seca. En caso de que exista una fuente durante todo el año con el mismo caudal, es signo de que sus aguas proceden de lejos, de muy al interior de la isla.

AGUAS ACUMULADAS EN LAS PARTES BASALES DE UNA ISLA  
(AGUA BASAL, AGUA DE POZOS)

Cuando las aguas que se infiltran en las partes altas se desplazan hasta las partes más bajas de una isla y se acercan al nivel del mar, se ponen en contacto con las aguas saladas e impregnan por completo todo el basamento permeable de una isla. Estas aguas procedentes de arriba son dulces y tienen por consiguiente un peso específico más bajo que el del agua del océano (considerada ésta con 35 gramos por mil). Por eso se depositan sobre el agua del mar y flotan sobre ella en una capa lentiforme de cierto espesor. El límite superior de la capa de agua dulce (o casi dulce) representa al mismo tiempo *un límite de saturación* de todos los poros y las grietas dentro de la masa rocosa. Toda la parte del subsuelo que se encuentra *encima* de este límite de saturación se llama zona



de infiltración o zona vadosa, según una expresión que se usa en Norteamérica (the vadose zone). Toda esta zona sobreyacente se caracteriza por la abundancia de grietas y poros vacíos o llenos solamente en parte, y hay vías libres para el movimiento de las aguas.

El agua más o menos dulce que se acumula de tal modo en la base de una isla sobre el agua oceánica se llama «agua basal» y *representa sin duda una cantidad enorme almacenada*. Pero desgraciadamente este recurso de agua potable se halla en profundidades tan grandes de las islas con relieve elevado, que queda fuera del alcance de los recursos económicos generalmente existentes en Canarias. Una excepción presentan las regiones bajas costeras, donde se puede alumbrar el agua en cuestión por medio de pozos. Por eso a dicha agua se la llama en Canarias «agua de pozos». Es cierto que esta regla no es aplicable a todas las islas: en Fuerteventura y Lanzarote, que tienen un relieve relativamente bajo y con valles profundos y abiertos, hay, según parece, posibilidad de llegar al agua basal por medio de perforaciones de algunos cientos de metros (Véase más adelante el capítulo especial).

La capa de agua basal se presenta, según se ha podido comprobar en investigaciones de varias islas oceánicas, con materias permeables, en forma de una lente aplastada que disminuye su espesor paulatinamente hacia las líneas costeras. El gradiente de la superficie de saturación (el límite superior de la «lente») es generalmente muy suave, casi horizontal en muchos casos. Pero este gradiente depende de la cantidad de agua que afluya desde arriba (de la zona vadosa o de infiltración) así como de la permeabilidad relativa de las masas rocosas por donde pasa el agua basal hacia las costas. Hay una corriente muy lenta dentro de este cuerpo de agua dulce desde el centro de la base de la isla hacia las costas, por lo que algunas veces brota en forma de fuentes en la misma playa y aun dentro del mar, a poca distancia del borde de la tierra firme.

Las aguas basales potables que se encuentran sobre el agua del mar impregnando la parte de la isla bajo el nivel cero desplazan a esta última en una proporción inversa a la diferencia de sus pesos específicos. Por lo tanto un aumento de la cantidad de aguas potables en el interior de la isla conducirá a un aumento del espesor de esta capa de agua (véase la fig. 6). Este modo de com-

portarse las aguas potables situadas sobre agua salada dentro de una isla compuesta de materia fácilmente penetrable por el agua se conoce con el nombre de principio de Ghyben-Herzberg, y su validez ha sido demostrada varias veces, primero en el caso de las islas arenosas costeras de Holanda, y después especialmente en las Islas Hawai, en medio del Océano Pacífico, aquí por primera vez por W. Lindgren, en 1903, y después por Stearns, Meinzer y Clark (Véase la bibliografía).

Para calcular la profundidad a que se encuentran las aguas basales en una isla se emplea la fórmula siguiente:

$$h = \frac{t}{g - l}$$

donde  $g$  es el peso específico del agua del mar que penetra en el interior de la isla,  $l$  el peso específico del agua subterránea potable basal, y  $t$  la altura del límite de saturación de esta agua sobre el nivel del océano. El cálculo de  $h$  nos permite conocer la profundidad que alcanzará la masa de agua basal bajo el nivel cero (grado de desplazamiento).

En la isla de Oahu (Hawai) la aplicación de esta fórmula ha permitido conocer la profundidad alcanzada por el agua basal bajo el nivel cero, dimensión que es 40 veces la altura de  $g$  sobre el nivel del mar (cero).

En realidad el espesor de la capa de agua basal potable es más pequeño que el valor calculado por la fórmula, debido a que parte de ella se encuentra mezclada con el agua del mar en los niveles más profundos. Esta mezcla es más frecuente en las partes más periféricas de la capa en cuestión (a lo largo de las costas) y puede hacerse muy grande en caso de que no se produzca suficiente infiltración desde las partes altas de la isla. Un exceso de explotación en los pozos costeros también tiene gran influencia sobre la mezcla de las aguas dulces y saladas. Asimismo la turbulencia producida por las mareas vivas contribuye en cierto grado a esta mezcla en las zonas costeras.

El agua basal se encuentra, como hemos visto ya, en las regiones costeras de las islas, siempre en un estado semisalobre. Por

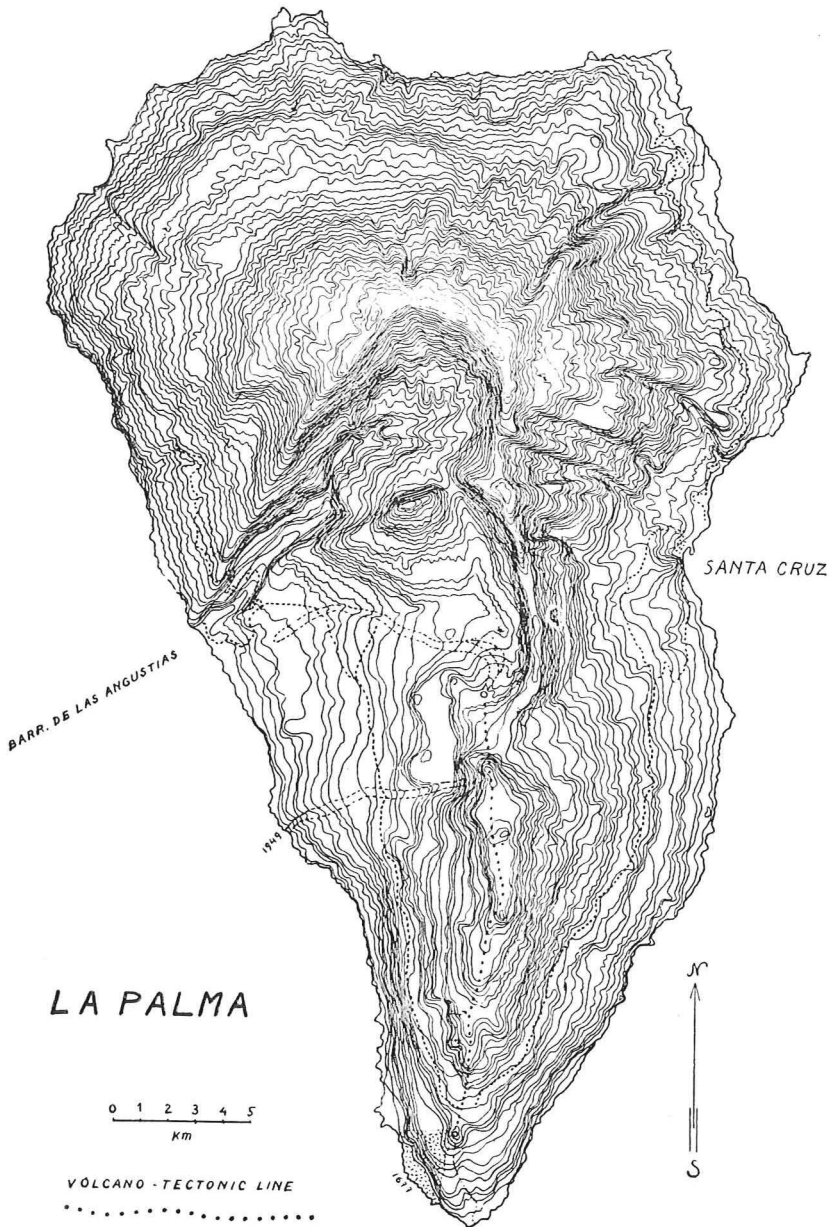


Fig. 7.—Mapa topográfico de la isla de La Palma. Los intervalos de las curvas de nivel son de 50 metros.

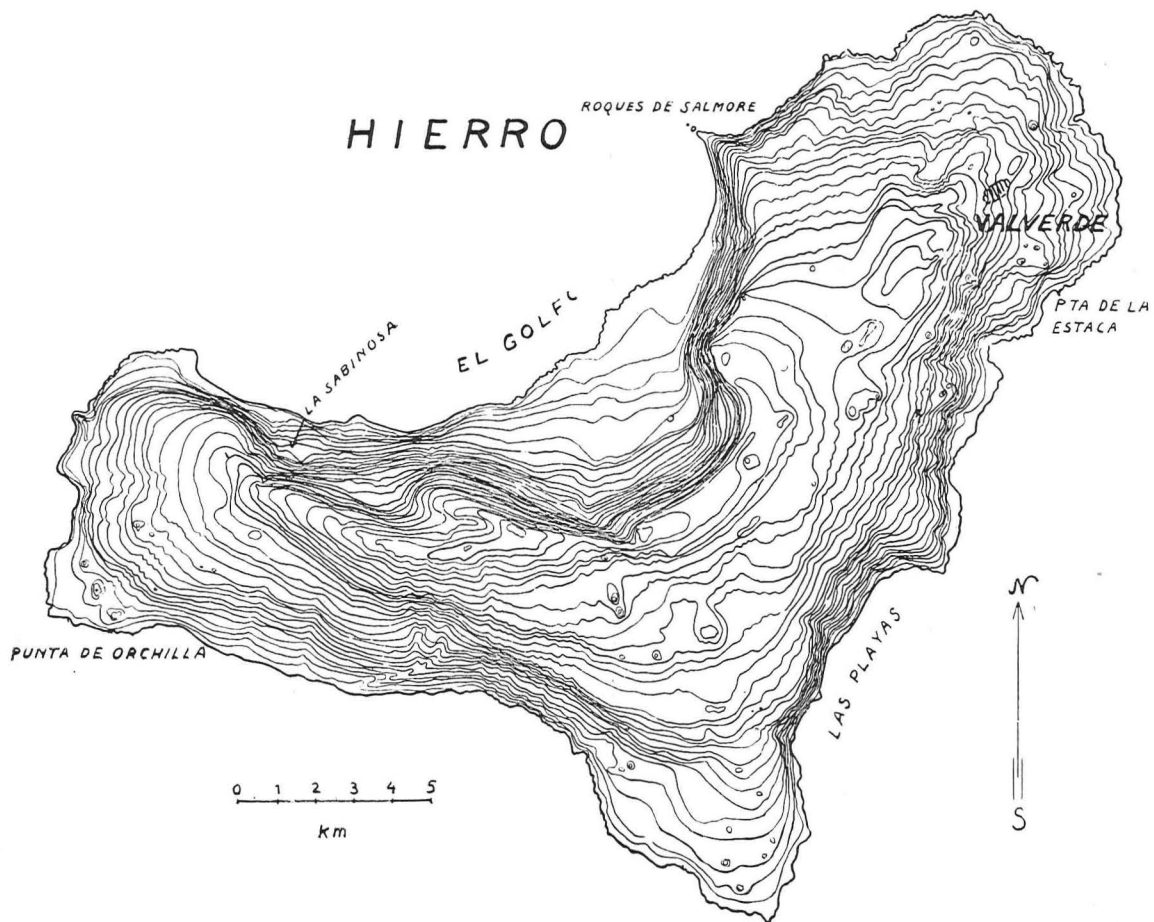


Fig. 8.—Mapa topográfico de la isla de El Hierro. Los intervalés de las curvas de nivel son de 50 metros.

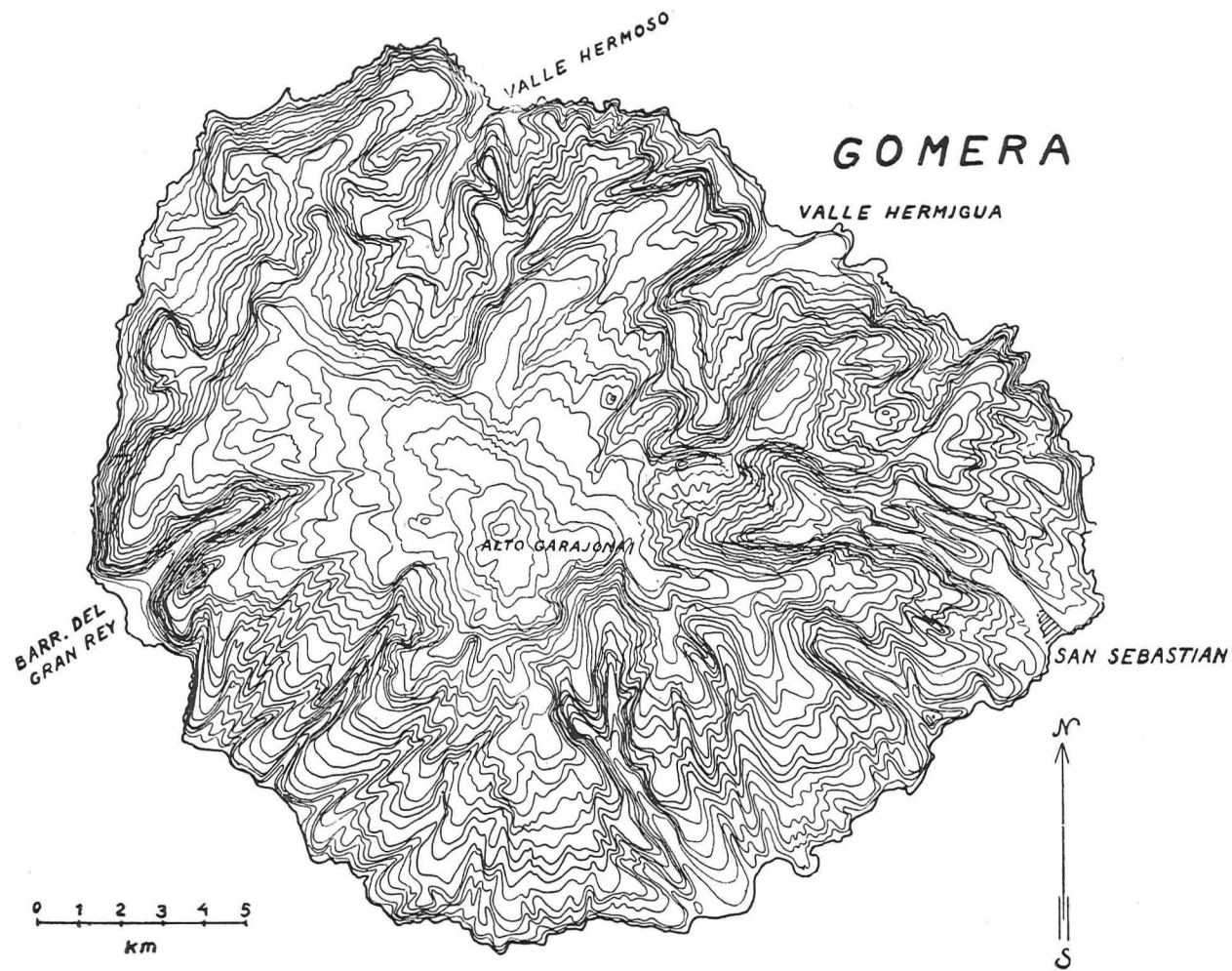


Fig. 9.—Mapa topográfico de la isla de La Gomera. Los intervalos de las curvas de nivel son de 50 metros.

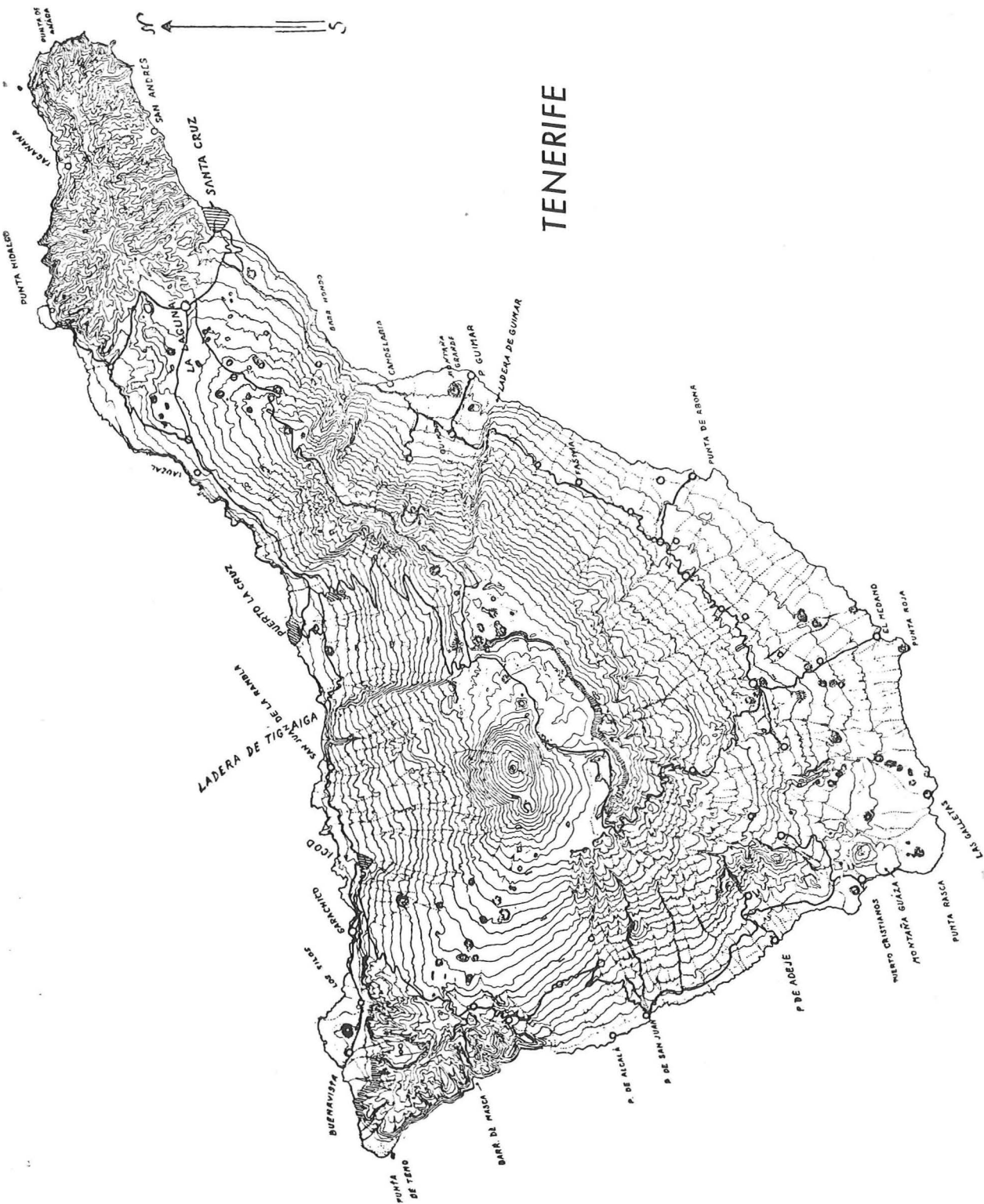


Fig. 10.—Mapa topográfico de la isla de Tenerife. Los intervalos de las curvas de nivel son de 100 metros y la escala 1,400,000 aprox.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

ello dicha agua no puede llamarse potable, sino en casos raros. Por consiguiente no sirve tampoco para el riego de plátanos, y se usa preferentemente para cultivos de tomates, alfalfa, etc.

En las islas más orientales, donde hay capas superficiales muy extensas de tosca (travertino), el agua basal puede ser algo salobre, como veremos más adelante.

### EL CALOR VOLCÁNICO INTERIOR Y SU PROBABLE INFLUENCIA SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En Canarias, si bien con largos intervalos, existe actividad volcánica. En tres de las islas han ocurrido erupciones durante «el período histórico», es decir, en el tiempo transcurrido desde la llegada de los europeos a las Islas, que abarca alrededor de 450 años. La última de estas erupciones tuvo lugar en la isla de La Palma, en julio-agosto de 1949. La penúltima erupción fue en noviembre de 1909, en Tenerife. Pero, aparte de estas manifestaciones, se puede suponer la existencia de varias erupciones durante los siglos precedentes, cuando vivían aquí solamente los aborígenes. Este hecho está comprobado por los signos muy frescos que se ven en muchas partes de las islas de El Hierro, La Palma, Tenerife, Gran Canaria y Lanzarote.

Debido a estas erupciones más o menos recientes (en sentido geológico), es decir, a una actividad latente o presente de algunas de las islas, debemos tener en cuenta un cierto calor volcánico en el interior, al estudiar los problemas de las aguas subterráneas. Estas consideraciones —por falta de datos de temperaturas tomados en el interior de las islas que tengan actualidad en este sentido— son de carácter «académico»; pero sin embargo vale la pena de hacer algunas deducciones.

Las islas que nos interesan son especialmente La Palma, Tenerife y Lanzarote. Ahora no entraremos en detalles sino que nos limitaremos a algunas consideraciones de carácter general.

La presencia de calor volcánico en el interior de una isla se manifiesta, en la actualidad, por emisiones de gases calientes (La Palma, Tenerife, Lanzarote). En El Hierro y Gran Canaria, aunque los aparatos eruptivos son de aspecto muy reciente, no existe tal

señal. En ambos casos hay que suponer la existencia de un gradiente geotérmico rápido, es decir, que las superficies geotérmicas siguen una distancia corta en profundidad.

Cuando las aguas que se infiltran del exterior llegan a una superficie geotérmica de 100° C, se transforman en vapor, que se desplaza a niveles superiores, cerca de la superficie. Desde aquí el vapor puede seguir ascendiendo a causa de la evaporación. De esta manera la cercanía a la superficie de la escala geoisotérmica de 100° C puede impedir la infiltración hacia abajo.

La temperatura elevada, a distancia relativamente corta de la superficie, es decir, el abovedamiento de las geoisotermas en el interior de una isla, puede causar un aumento sensible en la temperatura de las aguas subterráneas y también en los túneles de gran longitud que se abran para su alumbramiento. Tal caso puede quizás presentarse cuando una galería ha sido perforada en la dirección de un cráter moderno (ej., la galería de Chirche, Tenerife).

Por otro lado no debe negarse la posibilidad de que el calor interno puede haber sido producido en parte por reacciones gaseosas o de soluciones que circulen dentro de las rocas. En este sentido hacen falta investigaciones especiales.



### **C. CONDICIONES HIDROGRÁFICAS ESPECIALES EN LAS DIFERENTES ISLAS**

Después de haber estudiado las condiciones generales que regulan las aguas en circulación en islas volcánicas, y en las Canarias en especial, pasaremos a considerar con mayor detalle cada una de las islas. Incluimos en estas descripciones los datos recogidos en nuestros viajes, así como toda clase de información relacionada con la hidrología, tomada de la bibliografía o facilitada por personas varias.

Aunque muchos geólogos en el transcurso de siglo y medio han visitado las Islas Canarias, *el conocimiento geológico* de ellas es aún bastante imperfecto. No se ha compuesto hasta ahora ningún mapa geológico de alguna de las islas, salvo los mapas preliminares de Lanzarote (E. Hernández Pacheco), Gran Canaria (Bourcart) y Tenerife (Hausen). Carecemos aún de mapas en escalas topográficas que podrían servir como base para el estudio especial de la hidrología. En comparación, una vez más, con las Islas Hawai, existe una gran diferencia en este sentido, ya que éstas cuentan con adecuados mapas geológicos. Buscando en la bibliografía geológica canaria se encuentran pocos datos que puedan facilitar precisamente el estudio hidrológico subterráneo. Y es más de lamentar todavía la escasez de datos obtenidos durante las per-

## HANS HAUSEN

foraciones y las excavaciones de pozos y túneles. Cuando existen, tales datos merecen poca confianza. Es cierto que la naturaleza misma viene proveyendo esta deficiencia con los barrancos, que son cortes verticales, muchas veces de varios cientos de metros, que ofrecen perfiles geológicos; pero no existen en todas partes tales afloramientos (son más frecuentes en las islas de La Palma, La Gomera y Gran Canaria).

Por la desigualdad de los conocimientos nos limitaremos a resúmenes relativamente cortos y a subrayar el papel propio de cada una de las formaciones que componen las islas.

## LA PALMA

Esta isla tiene aproximadamente 729 km. cuadrados y se encuentra en el extremo noroeste del Archipiélago. Es una inmensa mole sobre el nivel del mar con una altura máxima de 2.423 metros, que se levanta de un fondo del océano de al menos 3000. Son muchos los geólogos que la han visitado, atraídos por el deseo de estudiar la gran Caldera de Taburiente, que abre su abismo en el centro de la isla. Hay, pues, una bibliografía bastante abundante sobre la geología de La Palma y especialmente sobre su Caldera y el probable origen de la misma.<sup>1</sup> La estructura geológica está expuesta a la luz con una claridad singular en esta misma Caldera, que tiene paredes de más de mil metros de altura.

Sin embargo falta hasta ahora un levantamiento geológico de toda la isla y tampoco se ha confeccionado su mapa geológico. A grandes rasgos (y también en detalles en algunas partes), La Palma ha sido investigada últimamente, en especial sus volcanes modernos y actuales.

Los afloramientos dentro de la gran Caldera demuestran una estructura en torno a la isla: en el fondo se ve un conjunto de rocas antiguas: diabasas plegadas y alteradas, mezcladas con rocas

<sup>1</sup> Mencionamos entre otros: C. GAGEL, *Das Grundgebirge von La Palma y Die Caldera von La Palma*, «Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellschaft», 1908; JOSÉ ROMER ORTIZ, *La erupción del Nambroque en la isla de La Palma. Informe preliminar*, «Bol. del Inst. Geol. Min. de España», tomo LXIII, Madrid, 1951.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

plutónicas intrusivas de la serie sódica, con un límite estratigráfico bastante marcado; este núcleo está tapado por una sucesión de capas de lavas basálticas (traquidoleritas, etc.), que se extienden por las faldas exteriores de la isla. El límite entre los dos conjuntos representa al mismo tiempo un horizonte acuífero de primer orden, del que brotan muchas fuentes que dan origen a arroyos que corren por el fondo de la Caldera y se unen en un río de poco caudal que sale por el hondo barranco de las Angustias hacia el oeste, es decir, hacia el mar. Es éste el único lugar en la isla donde se ve su antiguo basamento, al estar tapada, como ya dijimos, por una extensa formación lávica más moderna. Ésta a su vez ha sido tapada por lavas de erupciones posteriores, la mayoría de las cuales procede de la línea volcánica principal de la isla: la cadena de Los Rancones (Cumbre Vieja-Cumbre Nueva).

La superficie de la isla está, pues, formada por abundantes lavas del tipo de malpaíses o de escorias y cenizas de aquellas erupciones posteriores, que constituyen así un suelo muy permeable para las lluvias. Por esto no extraña la abundancia de fuentes dentro de la Caldera, extensiva también a las faldas exteriores, donde se encuentran muchos barrancos profundos.

RECURSOS DE AGUAS.—En general, por consiguiente, se puede decir que La Palma está bien provista de aguas: superficiales y subterráneas. De la gran Caldera se recoge el agua en parte por medio de canales que llegan a las faldas fértiles del llano de Aridane, la principal región agrícola, y en parte se embalsa por medio de una presa en el curso bajo del río de las Angustias.

Debido a la gran altura de La Palma (hacia 2400 ms.) los alisios que soplan del sector noreste durante la mayor parte del año chocan contra las vertientes de barlovento y dan lugar a nubosidad y precipitaciones, especialmente en la zona forestal, con bosques que todavía adornan las partes altas de la isla. Las masas de nubes son frecuentemente tan grandes, que sobrepasan la divisoria principal y descienden por las faldas de sotavento, donde producen asimismo condensaciones de agua. Como hemos mencionado, el agua se infiltra fácilmente en el suelo volcánico, es decir, la parte de la precipitación que no corre por los barrancos al mar.

De los últimos tiempos ya hay observaciones sobre las lluvias

de La Palma. Estudiando los datos de pluviosidad con referencia al año 1953 —caracterizado por una humedad algo elevada—, se ve claramente el contraste entre el barlovento y el sotavento. La máxima pluviosidad corresponde al pueblo de Barlovento (falda norte de la isla) con 1.232,6 mm, mientras que Tzacorte (falda oeste) no tiene más que 536,1 mm y Punta Cumplida (costa norte) solamente 393,8 mm. Los Llanos de Aridane, aunque sitio de sotavento, se encuentra en una situación algo más favorable, por causas topográficas, con una pluviosidad de 877,0 mm.<sup>1</sup>

Se puede suponer (al menos teóricamente) que el agua infiltrada queda almacenada en compartimientos subterráneos, formados por los diques volcánicos, que aparecen en abundancia en el interior, hecho claramente visible en las paredes de la gran Caldera. Sin embargo, no se han abierto túneles para el alumbramiento de estos recursos, simplemente porque no ha sido aún necesario. La población se aprovecha de las abundantes fuentes repartidas por toda la isla.

Entre las numerosas fuentes hay que mencionar especialmente la famosa caverna de Niquiomo, en la parte suroeste, con un manantial de aguas muy claras. En Mazo, en la falda oriental, existen seis manantiales. En los alrededores de la capital de la isla, Santa Cruz, hay ocho manantiales y dos pozos. En el norte, en San Andrés y Sauces, encontramos no menos de dieciocho manantiales, mientras que en la vertiente noroeste tenemos, cerca del pueblo de Tijarafe, cuatro manantiales y trece pozos.

#### EL HIERRO

Esta pequeña y lejana isla situada al oeste del Archipiélago —sólo mide 278 km. cuadrados— tiene un aspecto algo extraño: a primera vista revela el carácter de un edificio volcánico cuya mitad del noroeste (véase la fig. 8) ha desaparecido en el océano. Es el semicírculo de una caldera antigua que incluye una plataforma costanera y una bahía abierta, El Golfo. Desde el alto borde de esta caldera la superficie se inclina hacia las costas N. NE. E. SE. y S.

<sup>1</sup> «Boletín trimestral del Centro Meteorológico de Tenerife», n.º 76.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

en ángulos considerables. La superficie de estas faldas, así como también el terreno más horizontal de la parte culminante de la isla, tiene sobrepuesta una gran cantidad de conos volcánicos, probablemente del tipo estromboliano la mayoría. Estos conos tienen un aspecto bastante monótono, pero son de edades diferentes, según se puede deducir del grado alcanzado por la erosión y la descomposición atmosféricas. Hay también conos muy recientes con coladas del tipo del malpaís, aunque no se conocen las fechas de las erupciones.

La masa principal de la isla<sup>1</sup> se compone de un gran conjunto, al parecer concordante, de capas lávicas de basaltos de composición algo variable, que incluye también limburgitas. Una roca traquítica que se conoce solamente en forma de cantos labrados no se ha encontrado hasta ahora en ningún yacimiento de aquella isla. Es probable que tal tipo ácido (de contenido alto de minerales de color claro) proceda de algún filón inyectado en el conjunto basáltico.

Hay tobas en abundancia y al parecer tienen su desarrollo más importante en la parte N. de la isla.

Los diques deben de ser muy abundantes, hecho que se deduce de la gran cantidad de conos en la superficie.

CONDICIONES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.—La isla de El Hierro es muy seca y sufre frecuentemente períodos largos de sequía. Esto depende naturalmente de la poca altura del relieve —el pico culminante no tiene más que 1501 m (Malpaso)—. Por eso la nubosidad es generalmente débil y por consiguiente también la condensación de la humedad atmosférica. Hay pocas fuentes; la más notable es la Fuente de la Salud, cerca de Sabinosa, al lado S. de El Golfo, con agua salobre. La población vive del almacenamiento de las escasas lluvias invernales. Sin embargo la isla es conocida por sus bosques de *Pinus canariensis*, con muchos ejemplares robustos.

<sup>1</sup> De bibliografía geológica hay que mencionar solamente: OTTO WALTHER, *Petrographische Studien an Gesteinen der Insel Hierro*, Halle 1894, y L. FERNÁNDEZ NAVARRO, *Observaciones geológicas en la isla de El Hierro*, «Mem. de la Real Soc. Española de Hist. Natural», Madrid, 1907.

Del año 1953, húmedo, tengo algunos datos sobre la pluviosidad.<sup>1</sup> Valverde muestra una cantidad de lluvias de 1.220,5 mm; Punta Orchilla (sotavento) 305,4 mm. Otros puntos muestran 555,1-417,5 mm.

No se sabe con seguridad si hay recursos de agua en el interior de la isla, por falta de investigaciones. Teóricamente se puede suponer que se habrá almacenado algo de las infiltraciones en compartimientos entre los diques dentro del conjunto basáltico, con sus tobas intercaladas, o, en caso que no se hayan acumulado cantidades notables de este modo, se puede esperar hallar una capa basal de agua alcanzable por medio de pozos en la plataforma costanera de El Golfo. Aquí se encuentra también la mayor parte de la escasa población de la Isla.

#### LA GOMERA

Esta isla, de un contorno algo semejante al de Gran Canaria, aunque de una circunferencia mucho más pequeña —tiene una superficie de solamente 380 km. cuadrados—, presenta la forma de un escudo bastante elevado, que llega en el centro —en Alto de Garajonay— a 1484 m. Las faldas están cortadas por numerosos barrancos profundos, que atestiguan la edad relativamente avanzada de esta isla. Faltan por completo signos de un vulcanismo más moderno. Por consiguiente las formas del relieve son producidas por la erosión, no sólo los barrancos, sino también los roques, que en forma de torres gigantescas se levantan bruscamente sobre la altiplanicie. Esta última está cubierta por tierras lateríticas y lleva un bosque de laureles, mientras que el pinar falta por completo.

La geología de La Gomera ha sido hasta ahora bastante poco estudiada. La contribución más importante es un folleto de L. Fernández Navarro (1918) que describe algunos tipos de las rocas dominantes. Más tarde C. Gagel (1929) visitó la isla y estudió los grandes valles abiertos a barlovento, considerándolos como calderas de erosión. En este trabajo hay también un pequeño mapa geológico, en colores, de la isla.

<sup>1</sup> «Boletín trimestral del Centro Meteorológico de Tenerife», n.º 76.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

La Gomera está formada principalmente por una gran sucesión de lavas basálticas, con capas de escorias y tobas, que afloran en las paredes de los barrancos profundos. También hay una formación traquítica sobrepuesta a los basaltos, en las regiones altas, donde constituyen cumbres mesetiformes, es decir, restos de capas anteriores más extensas. Hay asimismo, como hemos mencionado ya, varios roques de esta misma clase de materiales, sin duda antiguas chimeneas volcánicas llenas de lava traquítica y posteriormente aisladas por la erosión, debido a la gran resistencia de las rocas en cuestión contra las fuerzas destructivas. Hay también en Tenerife «chimeneas fósiles» similares de roques traquíticos, y en Gran Canaria se ve algo semejante, aunque aquí las rocas son más básicas (véase más adelante). Existe una gran cantidad de diques que cortan los basaltos. Son notables los afloramientos de rocas básicas de profundidad en la parte barlovento de la isla.

La Gomera deja la impresión de ser un trozo aislado de la isla de Tenerife, mejor dicho de la península de Teno, que dista solamente 25 km., porque en esta península se encuentra las mismas rocas que en La Gomera.

No he tenido ocasión de estudiar más detenidamente *el régimen de aguas* de la isla. Recibe al parecer bastante cantidad de lluvias durante el año. Según datos en el «Boletín trimestral del Centro Meteorológico de Tenerife» (n.º 76), referentes al año 1953 en su totalidad, el pueblo de Chipude, situado a una altura grande (zona de nubes), mostró una pluviosidad de 1.080,0 mm, y Vallehermoso (barlovento) 831,0 mm. Playa de Santiago (sotavento) tuvo solamente 543,5 mm y Valle Gran Rey (costa oeste) 437,1 mm. El bosque de laurel que adorna las superficies altas del norte de la isla y la región culminante (Alto de Garajonay) hablan en favor de una humedad más continua durante el año, al menos en estas zonas de nubes. Aquí se produce también la formación de arcillas lateríticas.

El agua que se infiltra en las regiones altas sale a la luz en numerosas fuentes, de las cuales nacen los arroyos de los valles y barrancos. Están bien provistos con agua superficial los valles de Hermigua y Vallehermoso, ambos en la parte de barlovento. Aquí se cultiva también el plátano. En las faldas del sur se han desarrollado

## HANS HAUSEN

extensos cultivos de tomates, en los «llanos» situados entre cada dos barrancos que atraviesan estas vertientes.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de diques que cortan el conjunto basáltico con sus intercalaciones de tobas arcillosas y la relativa abundancia de lluvias (al menos en las faldas del barlovento y en las cumbres), se puede suponer la existencia de agua almacenada en las montañas altas. No hay todavía galerías para alumbrarlas. En las partes bajas de los barrancos se encuentran pozos que recogen las corrientes del agua basal.

## TENERIFE

Esta isla (fig. 10) ocupa la posición más central en el Archipiélago y tiene la mayor superficie de todas, pues alcanza 2352 km. cuadrados. Tenerife presenta una forma muy excéntrica: de un cuerpo algo trapeziforme arranca hacia el NNE. la larga península de Anaga. La mayor parte de la superficie de la isla se encuentra situada a alturas superiores a los 500 metros y la región central se eleva por encima de la curva de nivel de los 1000. Aquí está también el punto culminante de la isla, el Pico del Teide (3711 metros). Este cono —junto con su hermano, el Pico Viejo— está rodeado por la gran circunvalación de la caldera de Las Cañadas, cuyo fondo queda a alturas de cerca de 2000 metros. La parte más alta del circo es el Pico de Guajara (2700 metros). Al NE. de la caldera se extiende la alta divisoria de la cumbre de Pedro Gil, de más de 2300 metros de altura, y a su continuación, hacia el NNE., se encuentra la mencionada península de Anaga. En el lado de NW. de la isla tenemos la corta península de Teno con sus acantilados costeros muy abruptos.

La geología de Tenerife ha sido estudiada por varios geólogos excelentes desde el tiempo de L. von Buch, y varias obras importantes han aparecido sobre este tema (véase la bibliografía). A pesar de la abundancia de material recogido, hasta ahora no se ha confeccionado un mapa geológico de la isla, con excepción de un primer ensayo en escala pequeña hecho por W. Reiss (1870). El autor del presente trabajo ha dedicado casi un año al estudio geológico de la isla y ha hecho también la tentativa de construir un



## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

mapa geológico en la escala 1 : 200.000, en colores, publicado en 1952, y ha preparado después una memoria sobre la geología de la isla, actualmente en prensa. Estos datos míos juntos con los de investigadores anteriores son, sin embargo, insuficientes como base para un estudio más detallado del régimen de las aguas subterráneas de la isla. Más adelante pasaremos una corta revista a la geología de Tenerife.

Todos los geólogos que han recorrido la isla están de acuerdo en admitir que las partes más antiguas de su estructura geológica corresponden a las penínsulas de Anaga y de Teno, situadas en los extremos noreste y noroeste de la isla, respectivamente, así como también a algunas montañas aisladas por la erosión en la región sur (entre San Miguel y Adeje). En todas estas montañas, cuyos materiales corresponden a un complejo constituido principalmente por rocas basálticas con sus tobas y aglomerados en gran sucesión, cortadas todas por una multitud de diques, se observa un relieve de erosión muy marcado. Hay divisorias extremadamente escarpadas («cuchillos») y barrancos cañoniformes. Este aspecto superficial es también signo de una edad geológica relativamente avanzada.

Las tres partes antiguas enumeradas es lo que queda a la vista de una plataforma basal, sobre la cual se han acumulado con el tiempo enormes masas volcánicas, que constituyen el edificio de la parte principal de la isla. Los procesos constructivos han continuado con muchas interrupciones destructivas —de erosión y de explosiones volcánicas—, pero al fin se ha formado un núcleo gigantesco, coronado por el Pico del Teide y el Pico Viejo.

De estas partes elevadas hay que distinguir primeramente la cumbre de Pedro Gil, una divisoria de 20 km. de largo, constituida por una serie de lavas, tobas y aglomerados basálticos, pero también con lavas más ácidas. Muchos diques corren en la dirección longitudinal y cortan las capas. El buzamiento de las capas hacia los dos lados es bastante rápido. Las faldas son cortadas por numerosos barrancos que indican una edad ya avanzada de la cadena. Algunos geólogos opinan que la cumbre de Pedro Gil es simplemente la continuación orográfica y geológica de las montañas de Anaga, y el presente autor se inclina a la misma opinión. Sea como sea, estas montañas, en cuyas faldas se ven muchos cono pará-

sitos, están en gran parte tapadas por materiales volcánicos más modernos.

La gran cadena montañosa semicircular que encierra la caldera de Las Cañadas se compone principalmente de lavas traqui-fonolíticas, tobas y puzzolana con mantos basálticos interpuestos. Esta montaña representa las faldas de un cono volcánico gigantesco, la cima del cual fue destruída y reemplazada por la gran caldera. No es posible explicar en detalle cómo se formó aquella depresión, pero hay que suponer que grandes explosiones expulsaron del interior del volcán masas enormes de lavas líquidas con gases, creando de este modo un hueco interno sobre el cual se hundió la cima. Posteriormente la depresión así formada se ha ensanchado por hundimientos semicirculares del resto de la bóveda (*engulfments*). Parece haber sido una catástrofe algo semejante a la que formó el gran cráter Lake en el estado de Oregón en Estados Unidos de América.

En el interior de la caldera se levantó después el doble volcán Pico Viejo-Pico del Teide, con sus satélites lávicos Montaña Blanca y Montaña Rajada. Al mismo tiempo se rellenó la parte baja de la caldera con materias lávicas, y grandes corrientes buscaron salida por las faldas exteriores del volcán antiguo, por puertas («portillos») abiertas en la cadena montañosa del circo.

Esta actividad volcánica de carácter central terminó ya hace tiempo (antes de la «época histórica»), y las manifestaciones volcánicas posteriores, que han tenido carácter «parasitario», crearon muchos conos pequeños distribuídos por las faldas exteriores, y también sobre las cadenas altas. Muchas lavas fueron emitidas por estos centros secundarios y grandes superficies fueron cubiertas de arenas negras (de lapilli). La última erupción de tal carácter tuvo lugar, como hemos dicho, en noviembre de 1909 (Chinyero).

Mientras que las actividades del aparato central (los dos Picos) produjo únicamente materia traqui-fonolítica en forma de lavas y piedra-pómez, los conos parásitos distribuídos por casi toda la isla se caracterizan por su materia basáltica (basanítica y tefritica), pues la actividad posterior pertenece a un ciclo magmático completamente diferente.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

Después de esta breve reseña sobre la geología de la isla, vamos a pasar a la cuestión del *régimen de aguas subterráneas*.

Como ya hemos mencionado anteriormente, los alisios del norte, vientos que dominan la mayor parte del año, al encontrarse con las vertientes septentrionales de la isla, depositan grandes cantidades de humedad en las faldas, hasta alturas de 1700 m. La pluviosidad máxima corresponde al lado norte de las montañas de Anaga (la región de Tejina, véase la fig. 3). En las otras regiones de la isla las condiciones son muy diferentes. Abajo, en la zona costera del norte, en el valle de La Orotava, y más al oeste, las lluvias son mucho más escasas que en la región citada (por ejemplo, Aguamansa), donde se encuentra una infiltración de aguas bastante copiosa y de donde se obtiene abundante agua subterránea, alumbrada por medio de galerías.

La zona más lluviosa de la isla coincide con las cadenas de Anaga, la cumbre de Pedro Gil y la parte superior del valle de La Orotava, como asimismo la parte alta de la montaña de Tigaiga, y pasa hasta las cumbres de Teno. Pero hay concentración de humedad también en las cumbres del sector sur de las montañas de Las Cañadas, aunque no pertenecen al lado de barlovento.

En zonas de tal extensión, las condiciones geológicas son muy variables para el movimiento de aguas. Las montañas de la península de Anaga están, como hemos dicho, extremadamente cortadas por la erosión y son muy escarpadas las divisorias entre los barrancos. La divisoria principal, el eje orográfico mismo, es también bastante estrecha y faltan por completo restos de altiplanicies, visibles en otras partes de las montañas tinerfeñas. No podemos esperar por lo tanto algún macizo montañoso capaz de almacenar grandes cantidades de agua infiltrada, aunque hay muchos diques que forman compartimientos subterráneos. ¡Pero no hay regla sin excepción! Entre las pocas galerías que se han abierto en esta montaña, una alumbró (hace muchos años) agua en abundancia, aunque la producción disminuyó rápidamente. Hay, sin embargo, en los barrancos de la península en cuestión, abundantes manantiales aprovechados por la población.

En la cumbre de Pedro Gil las condiciones de acumulación de aguas subterráneas son mejores, como también las posibilidades de

alumbramiento. La cadena contiene, como hemos dicho, una multitud de diques con rumbos diferentes, que crean compartimientos para almacenar el agua infiltrada (figs. 11 y 12).

El suelo mismo es sumamente permeable y recoge la mayor parte de la humedad que cae en forma de lluvias o por condensación de la niebla. Existen en ambos lados de la cadena muchas galerías de gran caudal. El riego del gran valle de Güimar, relativamente seco, no sería posible sin los recursos que ofrecen las aguas de diques en esta montaña.

Entre la montaña de Izaña (altura de 2400 m.) y el borde oriental de Las Cañadas hay un vasto campo de más de 2000 m. de altura cubierto por materia volcánica muy porosa. Sobre esta superficie hay seguramente una condensación de las nubes, aunque no siempre en forma de lluvias (en invierno más bien en forma de nieve). Se puede suponer que se almacenan aquí cantidades importantes de aguas subterráneas, que alimentan las faldas a ambos lados (vertientes de Fasnía y de La Orotava).

La cordillera semicircular de Las Cañadas, situada al sureste, sur y suroeste de la gran caldera, está formada principalmente, como hemos visto, por capas de traqui-fonolitas con algunas capas basálticas, todas con un buzamiento suave hacia afuera, y tiene también recursos de aguas almacenadas. Pero estos recursos están, al parecer, muy desigualmente distribuidos. Este hecho depende seguramente de la repartición caprichosa de los diques. Hay sin embargo muchas galerías en las faldas superiores —en el pinar— pero también más abajo, donde termina la zona forestal (región de Arico).

Hay técnicos hidrólogos en esta isla que prefieren imaginarse que el gran circo de Las Cañadas es un receptor importante de aguas atmosféricas, a pesar de la escasez anual de las lluvias en esta región. Creen sin embargo que es posible que vaya infiltrándose la humedad condensada y formando, en el curso de los siglos, un embalse natural en este subsuelo que alimente las corrientes subterráneas dirigidas hacia afuera (por las faldas exteriores).

No es raro que calderas volcánicas estén ocupadas por un lago muy profundo, siempre que el clima sea suficientemente húmedo y el fondo suficientemente impermeable. Pero la caldera de Las

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

Cañadas es seca, salvo en alguna corta temporada invernal, cuando el Llano de Ucanca —la parte más profunda de esta gran depresión— se llena de agua y forma una laguna de corta duración. La capa superficial consiste aquí en una tierra fina, que es relativamente impermeable. El agua desaparece por evaporación.

La falta de un lago crateriforme que llene esta caldera —es decir, el hueco entre las paredes de Las Cañadas y el gran volcán central— depende en parte de la escasez de lluvias (350 mm anuales), en parte de la porosidad del suelo de las cuencas que bordean el pie de las montañas, así como la de los campos de lavas que irradian del Pico. El agua que recibe la caldera desaparece en el interior (fig. 13).

La caldera tiene (incluidos los Picos) una extensión superficial de cerca de 200 km<sup>2</sup> y por lo tanto recibirá una cantidad de agua anual (en forma de lluvias y nieve) de 70.000.000 de m<sup>3</sup>. De esta cantidad seguramente la mitad desaparece por evaporación. De la restante, 35 millones de m<sup>3</sup>, una gran parte se infiltra en los conos de los Picos hasta encontrar un calor suficiente para volver a salir por el cráter del Teide (pitón) como vapor (junto con gases y con una temperatura de más de 80° C). Podemos abstraer de la cantidad últimamente mencionada al menos la mitad, con lo que quedan así alrededor de 15 millones de m<sup>3</sup>, que se filtrarían en las profundidades de la caldera y quizás alimentarían a corrientes subterráneas de agua que buscan su camino en el interior de las faldas. Pero es imaginable que esta cantidad sobrante quede reducida todavía, por encontrarse a relativamente poca profundidad con un calor de más de 100° C, con lo que el agua subiría en forma de vapor hacia la superficie, de donde pasaría a la atmósfera.

Continuando estas especulaciones teóricas, podemos suponer que en la región del talud de Bilma, que se extiende al oeste del Pico Viejo hasta el borde del valle tectónico de Santiago, se habrá acumulado en el subsuelo agua infiltrada, porque el suelo aquí es muy permeable, constituido por materias volcánicas modernas: conos de escorias y campos de lava y lapilli. La gran abundancia de conos parásitos cuya lava viene desde poca profundidad invita a la concepción de que la causa de estas erupciones sea el agua infiltrada. Esta agua se ha llegado a poner en contacto con la lava flú-

da y muy caliente y ha producido gases de alta presión, que fuerzan su salida a través del techo junto con materias flúidas.

En la región de Teno, rincón noroeste de la isla, existen condiciones hidrográficas muy parecidas a las de Anaga. En el gran conjunto basáltico, con su multitud de diques cruzados, el almacenamiento de aguas subterráneas se produce en una escala reducida, debido a la erosión muy avanzada. Hay sin embargo un núcleo de altas montañas cerca de Masca, donde se han alumbrado aguas para el riego de los cultivos en la costa norte de la península en cuestión. Por lo demás se conduce el agua superficial de esta región a través de un gran canal a la comarca de Guía (vertiente oeste de la isla).

La extensa región del sur (las bandas del Sur), que comprende también la vertiente oeste (o más bien suroeste) y la vertiente sureste (región de Arico-Fasnia) se queda, como hemos mencionado, en la parte de sotavento de la isla y por eso las lluvias aquí son relativamente escasas. Pero en las altas montañas (en el pinar) hay varias galerías productivas, cuya agua se conduce a largas distancias por canales y tuberías para la irrigación de los campos de tomates en las regiones bajas. Las zonas costaneras ofrecen posibilidades de llegar al agua basal por medio de pozos (la zona de pozos). Esta agua es generalmente algo salobre, pero hay excepciones, cuando existe una afluencia más abundante de agua subterránea procedente del interior de las laderas. (Agua Dulce, cerca de la playa de San Juan). Entre la última localidad y Puerto de Santiago se halla agua dulce brotando en medio del agua del mar, a algunos metros de la playa.

#### GRAN CANARIA

La isla escudiforme de este nombre (fig. 14) tiene una extensión superficial de 1330 km<sup>2</sup> y se encuentra situada entre Tenerife en el oeste y Fuerteventura en el noreste. Sus regiones culminantes se encuentran en el centro del escudo y llegan, en el pico del Pozo de las Nieves, hasta cerca de 2000 m. Esta parte central elevada tiene forma de un altiplano, con colinas aún más altas. Desde esta región parten varios grandes barrancos en diferentes direcciones.

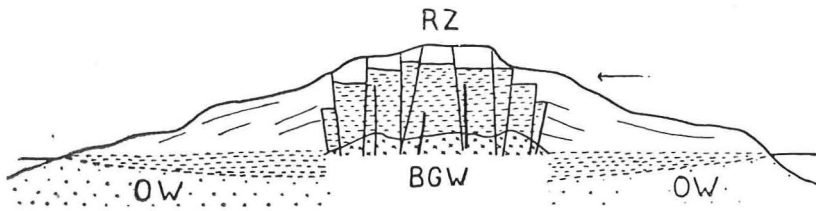


Fig. 11.—Corte esquemático de la montaña de Pedro Gil (Tenerife), indicador de las condiciones de las aguas subterráneas. RZ=Zona alta de diques con agua almacenada; BGW=Agua basal de la isla descansando sobre agua del mar (OW). La parte punteada encima de «BGW» señala un supuesto núcleo plutónico.—La flecha a la derecha indica la dirección de los alisios reinantes.



Fig. 12.—Vista de los acantilados de Aguamansa en la parte superior del valle de La Orotava, Tenerife, formado en gran parte por rocas piroclásticas de gran permeabilidad y cortadas por numerosos filones verticales. Entre estos filones se van acumulando grandes cantidades de aguas infiltradas de las cumbres (a la derecha) que originan manantiales muy ricos para la irrigación del valle.

Foto: H. Hausen



Fig. 13.—Aspecto del sector este de la caldera de Las Cañadas. Las coladas de la derecha proceden del Teide. Todo este terreno es muy permeable a las aguas de lluvias y de nieve invernal, pero la evaporación es intensa, debido a la poca humedad del aire en estas alturas de 2.000 metros, por encima de las nubes de alisios.—Vista hacia el sur.

Foto: H. Hausen



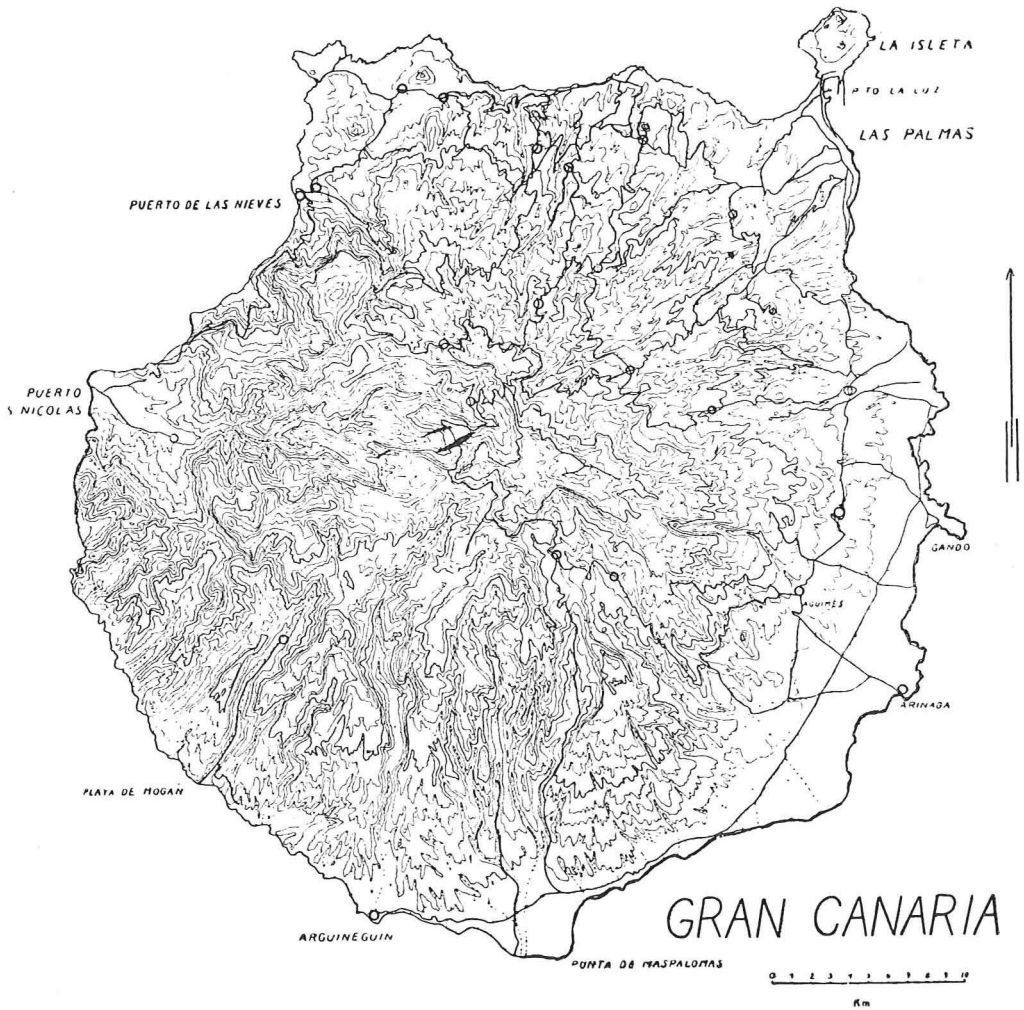


Fig. 14.—Mapa topográfico de la isla de Gran Canaria. Los intervalos de las curvas de nivel son de 50 metros.

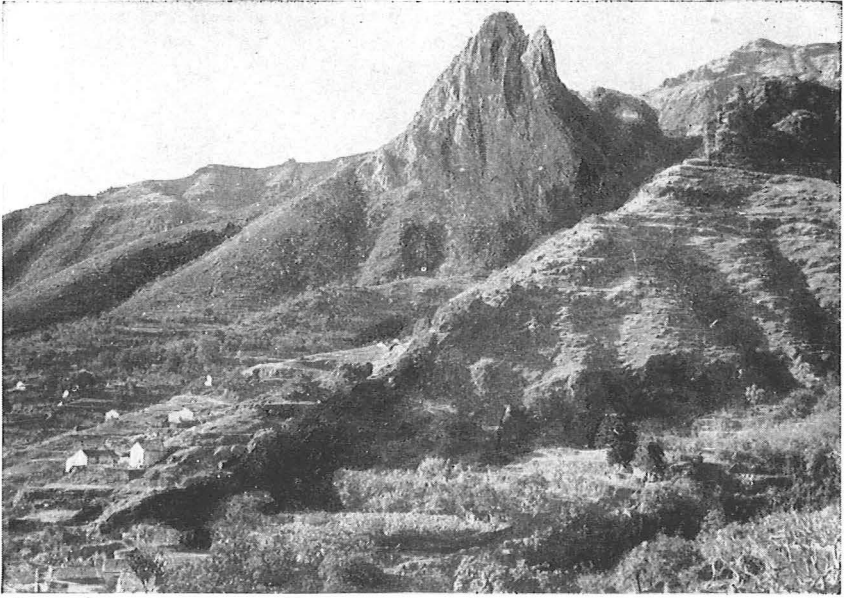


Fig. 15.—Parte superior del valle calderiforme de Valsequillo — Tanteniguda, visto hacia el sur. Risco Grande al fondo. En esta región hay muchos manantiales de agua procedente por vía de infiltración de la altiplanicie de la isla.

(Foto: H. Hausen)

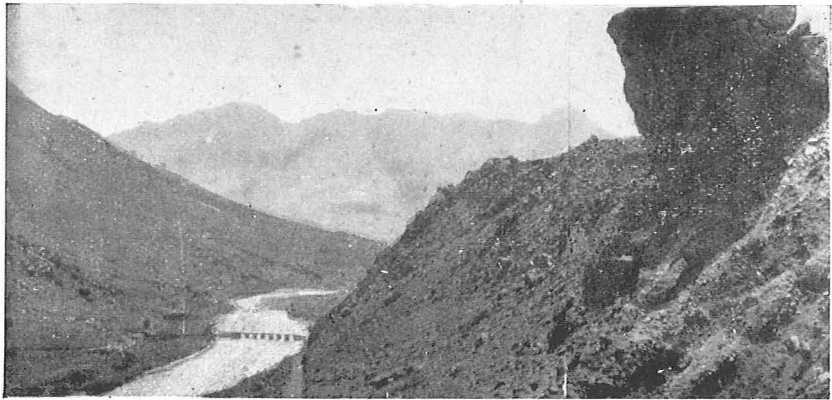


Fig. 16.—Parte del curso inferior del barranco de Tejeda con agua corriente, que desaparece más abajo, cuando el río se acerca a la costa de La Aldea de San Nicolás. Esta agua procede de la gran caldera de Tejeda. Hay una presa que está en construcción algunos kilómetros más arriba (a la izquierda)

(Foto: H. Hausen)

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

nes hasta las costas. Es un sistema hidrográfico radial. Este sistema radial presenta un grado de erosión mucho más avanzado que en Tenerife (con excepción de Anaga-Teno), y especialmente en el sector del sur se ven barrancos muy hondos y largos. Además hay en Gran Canaria un tipo de valles que falta por completo en Tenerife —las «calderas» de Tejeda, Tirajana y Tenteniguada (fig. 15)—. La parte superior de estos valles tiene forma de anfiteatro, excavada por la acción de los arroyos que se unen más abajo al barranco principal. Al lado del proceso de erosión han funcionado largamente también deslizamientos de las faldas abruptas, y a veces se ve que grandes trozos de la montaña se han desplazado hacia abajo (caldera de Tirajana). Estas tres «calderas» representan cortes muy profundos en el cuerpo montañoso central y han disminuído bastante su volumen.

Las costas de Gran Canaria son en parte muy escarpadas, como en el noroeste y oeste de la isla. Hay acantilados de varios cientos de metros de altura entre Agaete y la Aldea de San Nicolás. También la costa suroeste y sur presenta acantilados, aunque de menos altura. La costa sureste y este tiene un aspecto muy diferente. En el sureste hay una larga plataforma o llanura costanera y la costa misma es una playa abierta interrumpida por promontorios. La Isleta, en el noreste, es una isla volcánica cuaternaria unida con la isla madre por un istmo angosto cubierto de arenas.

La estructura geológica de Gran Canaria ha sido investigada en varias ocasiones. Los primeros estudios fueron realizados por L. von Buch, a principios del siglo pasado. Pero un mapa geológico de la isla no fue elaborado antes que J. Bourcart publicara su mapa (en colores), inserto en su trabajo sobre la geología y petrografía de la isla (1937). Este estudio tiene más bien un carácter de contribución, y el trabajo no es suficientemente detallado para servir las necesidades prácticas de las obras hidráulicas.

Las experiencias geológicas recogidas durante muchos años por Simón Benítez Padilla (Cabildo Insular de Gran Canaria) deben de ser muy detalladas y referentes a todas las islas; pero excepto una conferencia sobre sinopsis de la geología del Archipiélago, publicada en 1945, no ha comunicado nada de sus experiencias, ya en manuscrito, bien en mapas geológicos o en forma impresa.

Nuestro estudio geológico efectuado por cuenta de El Museo Canario, de Las Palmas de Gran Canaria, nos ha permitido revisar todos los rasgos generales de las islas orientales: Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote, y especialmente (durante 10 meses) de la primera mencionada. El material recogido no está todavía, sino en poca extensión, estudiado en el laboratorio. Aquí vamos a considerar solamente algunos rasgos geológicos sobresalientes.

Como ya ha sido comprobado por investigadores anteriores, el basamento antiguo de la isla parece ser, como en Tenerife, una serie de lavas basálticas, con sus tobas y aglomerados, que afloran en los grandes acantilados de la costa noroeste y oeste. Estas lavas son de aspecto algo diferente; algunos tipos presentan cavidades rellenas de ceolitas y carbonatos de cal. Otros son o afaníticos o porfiritas. Las diferentes capas de la serie están cruzadas por diques de composición variable. El buzamiento de esta serie es suave hacia el interior de la isla o es casi horizontal, como en el caso en las montañas al sur de la Aldea de San Nicolás.

Esta serie de lavas basálticas está cubierta por otra serie de lavas más ácidas (fonolitas y traquitas) en posición al parecer concordante y de gran espesor, formando hacia el oeste paredes verticales (acantilado de Faneque, etc). Todas las capas mencionadas están coronadas por lavas rojizas y pardas pertenecientes a efusiones riolíticas, como fue comprobado por J. Bourcart (1937). Estas rocas ácidas se encuentran también en las cumbres de las montañas al sur de la Aldea de San Nicolás (Pico del Cedro, etc).

Las capas riolíticas cubren todo el macizo de Tamadaba, que es un gran bloque entre el valle de Agaete al norte y el barranco de Tejeda al sur. Además se nota una gran extensión y espesor de lavas semejantes en las montañas al sur del barranco de Tejeda hasta Veneguera y Mogán.

Hay aquí una escarpada muy grande (de fallas) hacia el suroeste, y entre ésta y la costa se ven los basaltos antiguos. En todas las vertientes entre el barranco de Mogán y el de Tirajana afloran en grandes espesores capas fonolíticas y traquíticas con riolitas superpuestas. Pero hay intercalaciones de puzzolana bien visibles en los acantilados de la costa. Los muchos barrancos que cortan el con-

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

junto han creado excelentes perfiles geológicos que demuestran una sucesión perfectamente concordante.

Al este del barranco de Tirajana tenemos una gran serie de basaltos de edad algo indecisa, pero probablemente antiguos. Aflo- ran en el hondo barranco de Guayadeque dirigido hacia el sureste.

En la parte baja de la caldera de Tejeda existe un conjunto grande de rocas ácidas blanco-amarillas, pero superficialmente fer- ruginosas, debido, al parecer, a una oxidación de pirita repartida en la roca misma como una fina impregnación. A causa de esta im- pregnación el conjunto ha sido atacado de ácido sulfúrico genera- do en este proceso, por lo que la roca así alterada tiene poca re- sistencia contra las fuerzas erosivas. Así se puede explicar, según nuestra opinión, el origen de este gran valle.

No hay pruebas definitivas aún sobre la edad relativa del con- junto mencionado, pero tengo la impresión que deben de conside- rarse estas rocas ácidas como una intrusión en la serie fonolítico- riolítica. En realidad se encuentran dentro del conjunto del fondo de la caldera transiciones a tipos plutónicos (sienitas, etc). Las últi- mas rocas afloran en las partes más hondas del barranco de Tejeda.

Encima de las rocas ácidas de profundidad se ve una capa muy gruesa de un conglomerado o aglomerado conocido con la de- nominación de Brecha de Roque Nublo. Este Roque es un curioso testigo respetado por la erosión que se levanta sobre la pared sur de la «caldera». Esta «brecha», que en parte deja la impresión de un conglomerado depositado por el agua (con areniscas interestra- tificadas), cubrió al principio una gran parte de la isla, llegando has- ta cerca de las costas en el norte y avanzando bastante hacia el sur. Pero la capa ha sufrido mucho por la erosión posterior (al ser más antigua que todos los barrancos) y han quedado en la actualidad so- lamente «pedazos» más o menos aislados en las partes centrales de la isla, así como en las divisorias entre los barrancos. La formación se caracteriza morfológicamente por riscos verticales cortados por grandes diaclasas. El punto de salida de esta gruesa masa no se ha podido fijar. J. Bourcart ha expresado la opinión de que procede de erupciones peleanas; pero las formas redondas de las piedras incluídas y las capas de areniscas en medio de los conglomerados no hablan en favor de esta concepción.

En períodos posteriores tuvieron lugar grandes efusiones de lavas basálticas que salían de algunos orificios en la región de la presente depresión de la caldera de Tejeda y de muchos puntos en la alta región central de la isla. Las corrientes lávicas cubrieron repetidamente las faldas norte y noreste de la isla y llenaron los barrancos existentes. Muchas capas basálticas pertenecientes a estas efusiones componen la parte alta de las paredes de la caldera de Tejeda y la misma capa forma el subsuelo de la altiplanicie central de la isla.

En épocas posteriores (en el período mioceno) se formaron grandes depósitos litorales en muchos sectores de la isla, constituidos por materiales gruesos con interestratificaciones de materia arenosa sobrepuesta a capas de puzzolana que forman la base. Estos materiales gruesos, detríticos, pueden considerarse como masas traídas por aluviones desde el interior, donde la erosión estaba destruyendo el grueso manto de la brecha de Roque Nublo. Son, pues, estos arrastres los que en su mayoría componen los depósitos costaneros en cuestión.

Como demuestran las conchas marinas incluídas, dichos depósitos están formados, en gran parte, en el mar, cuando la superficie del océano se encontraba en niveles bastante más elevados. En tiempos posteriores los depósitos se levantaron en forma de una terraza extensa, que en el transcurso del tiempo ha sufrido mucho por la erosión y ha dejado solamente restos de esta «terracea miocénica». El resto de esta terraza mejor conservado está ahora en la inmediata cercanía de la capital, Las Palmas, pero cortado por varios barrancos. Hacia el interior de la isla la terraza llega a las regiones de Tamaraceite y Taíra Alta. —En la parte sur de la isla hay otro resto de una terraza antigua, la base de la cual se compone igualmente de puzzolana; su borde exterior se extiende desde el barranco de Puerto Rico hasta cerca de Juan Grande. Los materiales aquí son muy gruesos.

En tiempos aún posteriores reapareció una actividad volcánica en la mitad noreste de la isla («Neo-Canaria») que formó numerosos conos de escorias, lapilli y arenas pirogéneas. Estos volcanes parásitos, que pertenecen al mismo tipo que hemos mencionado en Tenerife, emitieron grandes coladas de lavas basálticas, que corrie-

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

ron hasta la orilla del mar. Esta actividad volcánica persistió aparentemente largo tiempo, a juzgar por el aspecto diferente que ofrecen los conos: algunos aparecen erosionados y tienen el color pardo rojizo debido a una oxidación de sus materiales, otros están mejor conservados y tienen un color oscuro hasta negro. A este grupo «parásito» hay que añadir también los conos más modernos, de ellos algunos en La Isleta de Las Palmas y otros entre la capital y Telde.

Las cenizas volcánicas (las arenas) arrojadas por estos volcanes se han depositado sobre amplias superficies de las vertientes del norte de la isla y están en su mayoría alteradas en una tierra arcillosa y fina de color de ladrillo, una «tierra roja» muy buena para varios cultivos. Es una tierra típica de esta parte de Gran Canaria, no conocida en Tenerife. La composición de esta tierra se acerca a la laterita (véase J. Bourcart 1937). Estos campos de «tierra roja» están ya cortados por los barrancos, pues pertenecen a un período bastante remoto, cuando reinaba otro régimen climático.

En el período cuaternario la isla sufrió una erosión muy enérgica que acentuó la red actual de los barrancos, aunque parece que el relieve en la parte sur de la isla ha persistido desde los tiempos pre-cuaternarios. Las grandes «calderas» de Tejeda, Tirajana y Tenteniguada tomaron su forma final en el cuaternario, aunque la erosión había trabajado largamente ya antes (en el período de las efusiones basálticas centrales). Por las costas ha progresado la abrasión marina, que ha creado grandes acantilados en algunos sectores (costa noroeste y oeste), mientras que en otros lados se depositaron arrastres de erosión y formaron playas, y en el transcurso del levantamiento de la isla extensas llanuras costaneras (región de Juan Grande, de Arinaga, de Gando, etc).

Después de este corto resumen del desarrollo geológico de Gran Canaria pasemos a considerar las *condiciones hidrológicas* de la isla.

El régimen de los vientos sobre Gran Canaria es similar al de Tenerife, aunque en esta isla la región de barlovento es menos extensa, debido a su forma redonda. Por otra parte las alturas centrales de Gran Canaria presentan características de relieve y de pluviosidad totalmente diferentes a las que se encuentran en Tenerife.

El mapa pluviométrico de Gran Canaria (véase la fig. 3) muestra zonas de precipitación concéntricas con un área central de máxima cantidad de lluvias (correspondiente a la región de Valleseco, altura aproximada de 1000 metros). La cantidad media anual se acerca aquí a 1000 mm. Desde este lugar la pluviosidad disminuye paulatinamente en todas las direcciones, hasta alcanzar en las costas noreste y norte 200 y 100 mm. A lo largo de las costas este, sureste y sur se extiende una amplia zona desértica con campos de acarreo y médanos, que incluyen también dunas en el extremo sur, (Maspalomas). Todo este régimen hace que una isla tan pequeña como Gran Canaria —de cerca de 45 km. de diámetro— tenga variaciones climáticas verdaderamente asombrosas. La condensación de la humedad depende de la orografía (hay «lluvias orográficas»). De lo descrito, pues, se concluye que el núcleo orográfico más elevado de la isla —al mismo tiempo el centro— es un área que funciona como el receptor principal de las aguas atmosféricas (*catching ground* de los americanos). La capacidad de esta recepción sería todavía más grande, si no existieran los tres valles calderiformes anteriormente mencionados, que disuelven el conjunto, de la masa central montañosa. Que aquí realmente se infiltran grandes cantidades de agua se puede ver por la abundancia de manantiales que brotan en las faldas y paredes de los valles calderiformes (fig. 16).

Sobre la posibilidad de acumulación de agua dulce en niveles dentro del núcleo central, todavía no se sabe mucho. Depende esta circunstancia de la presencia de diques con rumbos diferentes que corten capas de lavas y tobas arcillosas y que las últimas sean en este caso menos permeables. Hay aquí galerías de alguna producción, cuyas aguas se transportan a largas distancias hacia el norte.

Del agua infiltrada, una gran parte se mueve lentamente por el subsuelo de las faldas buscando en su avance niveles más y más bajos (corrientes «escalonadas»), siempre controladas por capas impermeables de tobas arcillosas. Esta agua se recoge mucho por medio de pozos abiertos en el fondo de los barrancos. —En la mitad sur de la isla, donde el relieve de erosión es más marcado, los fondos de los barrancos son los únicos sitios donde se puede pensar en el alumbramiento del agua subterránea. Las cadenas montañosas separadas por estos barrancos son en general muy secas, hecho



## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

que se puede comprobar por la escasez de manantiales de alguna importancia en las faldas de los barrancos.

Además de los desplazamientos que acabamos de mencionar, existen movimientos, más o menos directamente dirigidos hacia la base de la isla, que forman aquí el estrato de agua basal. Esta agua basal es en Gran Canaria imposible de alcanzar por medio de pozos o perforaciones con gastos razonables o con medidas técnicas que se puedan realizar, salvo en las llanuras costeras del este, sureste y sur. Esta zona costera de agua basal tiene una anchura más grande que en las costas de las islas occidentales. Por tal razón hay una mayor posibilidad de alumbramiento de aguas por medio de pozos en Gran Canaria. El agua basal de estas zonas costeras es generalmente algo salobre, pero sirve bien para el riego de las extensas plantaciones de tomateras que se encuentran en estos lados de la isla.

En el tiempo de las lluvias invernales corren por los barrancos inmensas masas de agua, de la que una gran parte se pierde en el mar. Pero en muchos lugares se han construido o se están construyendo presas para retener esta riqueza acuosa. Acerca de esta clase de alumbramientos nos extenderemos más en un capítulo posterior.

### FUERTEVENTURA

Esta gran isla (fig. 17), una de «las Purpurarias», está al noreste de Gran Canaria y se extiende en una dirección desde suroeste hacia el noreste. La isla se compone de dos partes: la península de Jandía en el suroeste, y el cuerpo principal; ambas partes unidas por un istmo arenoso denominado de La Pared. La superficie total de la isla alcanza 1720 km<sup>2</sup>, es decir, su extensión es considerablemente mayor que la de Gran Canaria. Las alturas son, al revés, mucho menores, y los puntos más altos están en Jandía y en las montañas de Betancuría, que llegan hasta algo más de 800 m. y 700 respectivamente sobre el mar. La orografía de Fuerteventura no refleja sino excepcionalmente las fuerzas constructivas del vulcanismo. La mayoría de las elevaciones han sido creadas por la erosión, que ya ha avanzado a una madurez desconocida en las otras islas. Las formas típicas de las montañas son colinas o montañas escarpadas meseti-

formes, según sea su estructura geológica. Los valles que separan las mesetas son muy abiertos, con fondos extensos casi llanos. Las costas son generalmente bajas y abiertas, sin senos ni promontorios rocosos; pero hay excepciones (costa sureste y noroeste). En la gran península de Jandía las condiciones orográficas son algo diferentes, pues es resto (la mitad) de una montaña crateriforme (calderiforme) de grandes dimensiones con curvatura hacia el noroeste. Pero aquí también la erosión ha trabajado mucho y ha creado un relieve muy quebrado.

Dentro del resto de la isla se encuentran también conos volcánicos de diferente edad. El cono más llamativo es La Caldera de Gairía en el centro de la isla y algunos conos negros en su cercanía, todos con sus coladas lávicas correspondientes. En dirección norte se ven también algunos conos, en parte antiguos, en parte modernos.

Fuerteventura fue investigada geológicamente hace ya cien años por el geólogo G. Hartung (1857), quien dejó una memoria muy instructiva sobre el desarrollo geológico de esta isla. Mucho más tarde, es decir, hace dos décadas, el geólogo francés J. Bourcart hizo algunas excursiones por la isla y recogió muestras de los tipos de rocas más importantes. Los resultados de estos estudios fueron publicados en una memoria (1937).

Como consecuencia de nuestra estancia en esta isla en el año 1950 y de posteriores reconocimientos geológicos en 1953 y últimamente al principio del año corriente (1954), hemos podido tocar los problemas más sobresalientes de Fuerteventura, que por otra parte es sumamente interesante. Ahora nos limitaremos a dibujar los rasgos geológicos más sobresalientes, apoyándonos en los datos escritos y también en nuestras impresiones preliminares.

Como ya fue demostrado por G. Hartung, las rocas más antiguas de Fuerteventura (rocas basales), se componen de una serie concordante de lavas basálticas algo alteradas, a las cuales llamó *trapps*. Esta serie, que yacía en capas más o menos horizontales durante el período efusivo en que se originó, sufrió una fuerte dislocación en tiempos posteriores, hasta alcanzar una inclinación casi vertical. El conjunto tiene una orientación de SSW-NNE. Las capas plegadas y en densa formación afloran en una extensión muy

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

vasta (en la dirección longitudinal sobre 40 km. y en la transversal sobre 15 km. máxima), a lo largo de las costas de barlovento. Las vertientes orientales de este conjunto son más escarpadas que las occidentales y dejan la impresión de marcar el curso de una fractura muy grande. La elevación culminante del conjunto es la montaña de La Atalaya, cerca de Betancuria, con 724 m. La serie de los *trapps* (basaltos antiguos) está inyectada por masas de rocas plutónicas y sus correspondientes filones de composición variable. Se encuentran entre ellas tipos de color claro, ricos en feldespatos (sienitas alcalinas), que pasan a tipos más y más ricos en minerales oscuros (féficos) y que forman así muchas rocas de transición, hasta gabros (essexitas) y rocas ultrabásicas. Toda la serie representa una pequeña «provincia petrográfica», con dominio del sodio entre los álcalis y que, como han indicado ya investigadores anteriores, presenta una cierta semejanza con la «provincia petrográfica» del sur de Noruega.

El núcleo de estas intrusiones de rocas plutónicas se encuentra en la región de La Atalaya, entre la vega de Río Palmas y Betancuria, y se extiende al oeste hasta la montaña de Mesquer (gastro). Por lo demás se ven pequeñas inyecciones de rocas ácidas, más o menos abundantes, sobre todo el trayecto de la formación de *trapps*. Las inyecciones son en general concordantes con las capas de los *trapps*, y los afloramientos presentan en algunos casos un aspecto abigarrado.

La antigua cadena montañosa —probablemente de carácter alpino— fue erosionada hasta el estado final: el de una penillanura. Las grandes masas de arrastre fueron llevadas a los lados y depositadas en forma de acarreos y, endurecidas con el tiempo, formaron conglomerados. Tales conglomerados se ven todavía conservados en las montañas, al este del área de *trapps*, recubiertas por capas basálticas más jóvenes.

Sobre la superficie de la denudada cadena montañosa y sobre los conglomerados mencionados se extendieron grandes masas de basaltos, en capas mesetiformes, que salieron al parecer de un sistema de fracturas en el lado oeste (la costa actual de barlovento). Toda la isla fue al parecer cubierta por estas efusiones repentinas, que alcanzaron un espesor considerable. Es muy probable que el

gran «Volcán de Jandía», del cual hoy día no existe conservado más que el sector sur (la península de este nombre), perteneciese al mismo período. En el curso de los millones de años que siguieron la meseta fue profundamente atacada por la erosión, con el resultado de ser destruída en su mayor parte. Se ha conservado solamente el flanco este de aquella meseta abovedada, que se manifiesta hoy día como una serie muy larga de «cuchillos» montañosos separados por valles transversales, restos del antiguo drenaje hacia el este.

Estas montañas de erosión conservan en sus capas todavía su buzamiento original (hacia la costa de sotavento) y su elevación primaria. El valle longitudinal de Fuerteventura, que separa las montañas de *trapps* del resto de las formaciones mesetiformes, se ha producido muy probablemente, en tiempos posteriores, por una fosa longitudinal.

En un período mucho más tardío, cuando la erosión ya había progresado bastante, surgieron del fondo de este valle longitudinal lavas basálticas de gran fluidez, salidas de algunos volcanes de tipo escudiforme (hawaiano). El principal centro se encontró en la región de La Antigua-Ampuyenta. Las lavas cubrieron gran parte del valle longitudinal y también el fondo de algunos valles vecinos. Asimismo el valle de Casillas del Ángel fue rellenado por tales efusiones, salidas de un volcán escudiforme en el sitio hoy ocupado por el pueblo de este nombre.

Más tarde, otro período de actividad volcánica siguió manifestado en forma de conos estrombolianos, que emitieron algunas veces corrientes de lavas y arrojaron masas de escorias, lapilli y cenizas. Hay 20 de tales conos distribuídos por la isla.

Esta actividad volcánica debe de haber tenido lugar al fin del terciario, pues el estado de los conos indica cierta edad que sobrepasa el cuaternario. Las tobas correspondientes están ya muy alteradas (en tierra roja) y los conos han sido erosionados y cubiertos por travertino.

Siguió un período largo de calma endógena, durante el cual la isla fue erosionada y en cierta extensión cubierta por arenas calcáreas eólicas. Se trata de la parte septentrional de la isla, que hoy día conserva tales depósitos de arenisca blanca-amarillenta en una gran

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

extensión y que también fueron llenando los barrancos existentes.

Al fin del período en cuestión se depositaron las capas de travertino calizo. Fue un proceso largo, con una repetida precipitación de cal en la superficie, y este manto se extendió sobre casi toda la faz de la isla, incluidas las montañas. El espesor de este travertino alcanzó a veces hasta 20 metros. La procedencia del elemento calcio se atribuye a los minerales de plagioclasa (silicatos de calcio y sodio con aluminio) y augita (silicatos de magnesio, calcio y hierro) que fueron disueltos por la acción de aguas circulantes en las rocas basálticas y al fin surgieron a la superficie por la acción de la evaporación. El travertino fue una manifestación de un clima especial que no existe actualmente en aquella isla.

Este travertino contiene varias sales solubles, que hay que tener en cuenta cuando se considera la calidad de las aguas subterráneas, como veremos luego.

La formación de travertino se atribuye a un período anterior a la época glacial.

Lo que ha ocurrido durante el período cuaternario es en parte una erosión, acompañada de un levantamiento de la isla, y en parte una actividad volcánica.

La erosión redujo las capas de travertino de las partes más elevadas de la isla y siguió profundizando los barrancos, en último término en forma de cañones relativamente hondos, abiertos en el relleno de los mantos basálticos, que llegan a veces a un espesor considerable (valle del Río de las Cabras, valle de La Torre, barranco de Los Molinos).

Las capas de travertino, que conservan como una piel de parafina el relieve antiguo de la isla (fig. 18), fueron pues atacadas en cierta extensión por la erosión cuaternaria, especialmente en las partes elevadas de la isla, y muchas de las pendientes han sido por ello despojadas de su capa de cal. En el fondo de los valles se ha producido una acumulación de material de arrastre y se ha formado así un relleno considerable, a veces de 10 m. de espesor (acarreo y arena estratificados). En el fondo de los valles abiertos y en las llanuras se ha depositado una tierra de color de ladrillo, de composición arcillosa, que recubre a la capa de travertino. Esta arcilla roja procede, al parecer, de cenizas volcánicas antiguas.

La última fase de la evolución endógena de la isla se refiere a las grandes erupciones de lavas basálticas, salidas de conos en los extremos norte y sur de la isla. Superficies bastante amplias fueron cubiertas por lavas (malpaíses), pero las cenizas arrojadas durante este período no fueron muy abundantes. Esta actividad volcánica quedó terminada ya en tiempos prehistóricos, y no fue, como creen algunos autores, contemporánea a las erupciones de la vecina isla de Lanzarote durante el siglo XVIII.

Pasemos ahora a considerar *las condiciones hidrológicas* de Fuerteventura. Es cierto que conocemos poco todavía de este régimen por falta de investigaciones sistemáticas. Pero los conceptos fundamentales se pueden ya exponer, para lo que el autor se basa en gran parte sobre sus propias experiencias, hechas durante excursiones en el curso de 4 meses.

Los vientos alisios que soplan del sector norte sobre la isla son generalmente de gran violencia; pero debido al relieve relativamente bajo no producen mucha nubosidad. La estación más pluviosa es durante el invierno, cuando la población recoge en sus aljibes el agua para sus necesidades domésticas. No tengo datos a mi disposición sobre las cantidades de la precipitación, pero sin duda se puede caracterizar el clima de la isla como un clima seco. Aunque la cantidad de agua atmosférica sea alrededor de 200-300 mm al año, la evaporación intensa, apoyada por los vientos, reduce la cantidad efectiva. Sin embargo hay infiltraciones de agua atmosférica en tales cantidades, que pueden alimentar corrientes subterráneas, las cuales pronto vamos a considerar.

Como centro de condensación atmosférica podemos nombrar el núcleo orográfico principal de la isla: es decir, las montañas que se extienden a lo largo de la costa de barlovento, desde Río de los Molinos, al norte, hasta la región de Chilegua, al sur. Otro núcleo muy destacado pero de poca importancia general forman las montañas de la península de Jandía, la cual dejamos aquí fuera de consideración.

El primer núcleo está constituido por las montañas de Betancuria, entre las cuales se encuentra la antigua capital de la isla, Santa María de Betancuria.

En esta área, que se levanta hasta alturas de 600-700 m., se

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

acumulan las nubes con preferencia, y la cantidad de lluvias es al parecer también relativamente más grande que en otras partes de la isla, aunque hasta ahora faltan observaciones. El agua se infiltra rápidamente, a causa de la posición casi vertical de las capas de los *trapps*, hacia la base de las montañas. En la superficie de estas montañas no existe, con excepción de las faldas bajas, la cubierta de travertino calizo que, como hemos visto, cubre casi toda la superficie restante de la isla. *Por eso el agua infiltrada en las montañas no es solamente más abundante sino también de muy poca salinidad o libre de ésta.* Por otro lado, el agua infiltrada en las regiones bajas es salobre, por recoger las sales cuando pasa a través de la capa superficial del travertino (la tosca).

Somos de opinión que el agua de las montañas en cuestión se mueve paulatinamente hacia las costas, bajando más y más hasta cerca del nivel del océano y formando así la capa basal de agua subterránea. Cerca del pie de las montañas esta agua es todavía potable, pero al alejarse hacia las costas, ya en las regiones bajas, es más salobre, a causa de ir recibiendo en su camino aportaciones de aguas salinas procedentes de las filtradas en el travertino. Una tal consideración se apoya en las experiencias hechas por medio de los pozos: aquellos situados en las cercanías de las montañas tienen agua potable o de salinidad ligera, mientras que los pozos de las llanuras y de los valles abiertos contienen casi todos agua salobre.

Verdad es que los pozos fuera de las montañas generalmente no llegan a profundidades que correspondan a las del agua basal. Se trata más bien de pozos de unos diez metros, que alcanzan niveles acuíferos secundarios, determinados por la presencia de capas impermeables o semipermeables de tobas arcillosas intercaladas entre los mantos basálticos que forman el subsuelo de tales valles y llanuras (fig. 19).

Se necesita, para aclarar el problema del aprovechamiento de agua basal, un número de perforaciones y excavaciones hasta profundidades donde se pueda esperar la presencia de la capa de agua de aquella clase. Es en realidad un problema vital para la isla, pues *el agua basal representa, sin duda, recursos mucho más considerables que el agua subterránea hasta ahora explotada* (por medio de pozos).

Las regiones más importantes para la aclaración de esta cuestión son: el valle longitudinal, especialmente la parte sur y la parte intermedia, y también los fondos de los valles transversales de la parte este de la isla.

La parte septentrional de la isla (zona de La Oliva) parece ser una región de pocos recursos de agua subterránea. Aquel municipio queda demasiado distante de las altas montañas, y las colinas que más se levantan en las cercanías son de poca extensión.

Los recursos disponibles y lo que se podría alumbrar del agua subterránea de la isla por medio de pozos no representan la única posibilidad para el desarrollo de la irrigación. El agua superficial que ahora se pierde en grandes cantidades durante las lluvias torrenciales hay que recogerla en embalses. Ya se han construido tres en la isla: en el barranco de Los Molinos (véase la fig. 23), en la garganta de Las Peñitas (Río Palmas) y en el barranco de La Herradura. La última está cegada con tierras de aluvión, traídas de la cuenca de Tetir, y la presa de Las Peñitas se encuentra en peligro de sufrir la misma suerte.

En la presa de Los Molinos hay en el fondo una capa de tierra de algún espesor, como me informó el guarda de la obra; pero la amenaza de relleno aquí no es tan grande como en Las Peñitas. Para el futuro se piensa contruir presas también en el norte de la isla, y con este fin se van investigando las circunstancias técnicas en Vallebrón, en La Caldereta y en el barranco de Esquinzo. Hace poco (junio de 1954) que una comisión de Madrid ha estudiado estos emplazamientos.

La presa de Los Molinos sirve ahora para el riego de una colonia rural que se extiende sobre un terreno llano en la orilla derecha del barranco del mismo nombre.

Sería de gran utilidad la construcción de presas pequeñas en las partes superiores de los barranquillos que bajan por las faldas de La Cuesta de la Villa (montañas de Betancuria), no para almacenar agua, sino para que se infiltre ésta en el subsuelo y aumente así la cantidad de la subterránea.

En general la construcción de presas en esta isla se encuentra, como hemos visto, perjudicada en muchas partes por el arrastre llevado por las aguas superficiales en tiempos de lluvias torren-



## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

ciales. En Fuertentura hay capas muy extensas de una tierra arcillosa colorada fina que durante la temporada seca es muy firme, pero en la estación húmeda se transforma en materia fácilmente transportable por las corrientes. Esta tierra arcillosa abunda no solamente en las llanuras sino también en las montañas, y es una formación posterior a la caliza de travertino, como ya hemos visto.

En Gran Canaria, donde se practica mucho la recogida de aguas superficiales por medio de presas, no existe sino en casos excepcionales este obstáculo.

### LANZAROTE

Esta isla (fig. 20), situada al extremo noreste del Archipiélago, forma orográficamente la continuación de la vecina isla de Fuerteventura, separada de ella por el estrecho poco profundo de La Bocaina. Hay que suponer que en un período anterior las dos islas formaron una tierra continua. La superficie de Lanzarote (730 km.<sup>2</sup>) es mucho menor que la de Fuerteventura. Sus elevaciones son bastante moderadas, pues sólo alcanzan, en el norte de la isla, en Peñas del Chache, 668 m. En la parte sur hay también un paisaje montañoso (Los Ajaches). La parte central está cubierta por conos volcánicos más modernos, pero con alturas bastante exiguas, de algunos cientos de metros, lo mismo que varios conos más antiguos diseminados por otras partes de la isla. Las costas son generalmente bajas, con excepción de la orilla noroeste, hacia el estrecho de El Río, que separa esta isla de la Graciosa.

Hay en la isla llanuras bastante grandes, como en la parte suroeste y al sur de la bahía de Penedo o en los alrededores de la capital (Arrecife). Notable es el extenso campo lávico entre Yaiza y las montañas volcánicas de las últimas erupciones.

La geología de Lanzarote fue investigada primeramente por G. Hartung (1854), y mucho más tarde por E. Hernández Pacheco (1909), el cual también elaboró un mapa geológico a escala 1 : 150.000. En esta importantísima obra se aclaran ya los rasgos principales de la estructura geológica que vamos a reseñar brevemente.

Lo primero que se nota, al comparar la geología de Lanzarote con la de Fuerteventura, es que el elemento estructural de la zona

plegada de los *trapps* con sus intrusiones de rocas plutónicas no tiene continuación en la primera isla. Es muy probable, sin embargo, que esta formación exista profundamente, cubierta por efusiones de lavas basálticas más modernas. Tal conclusión se deduce del tipo de los plegamientos de los *trapps* que seguramente es muy persistente por largos trayectos. El eje de los plegamientos de Fuerteventura continúa al nornoreste con el mismo rumbo que el eje longitudinal de Lanzarote.

De las formaciones posteriores que (suponiendo la existencia profunda de *trapps*) cubren el basamento antiguo, se distinguen *dos partes*: los macizos de Los Ajaches en el sur y de Famara-Guatifay en el norte. Estos dos trozos pertenecen sin duda a la misma formación basáltica mesetiforme que anteriormente cubría toda la isla. Aquella meseta fue después destrozada por fracturas y desplazamientos, que hundieron la mayor parte de la isla. Las montañas mencionadas consisten en una gran sucesión de capas basálticas con sus tobas y aglomerados cortados por filones. Se nota una inclinación suave hacia el este en ambos macizos. Las rocas en cuestión están excelentemente expuestas en los acantilados de Famara y Guatifay, que marcan sin duda una línea de fractura de rumbo longitudinal. Otra fractura (menor) parece que determina la orilla oeste de Los Ajaches, en el sur.

Aunque en nuestros tiempos han quedado fuera de las manifestaciones volcánicas, las partes antiguas no carecen de aparatos volcánicos en bastante buen estado de conservación y de dimensiones considerables.

El volcán más notable en el norte es La Corona, con sus campos lávicos muy extensos, que cubren las vertientes orientales de esta parte de la isla. Pero también existen volcanes antiguos en las partes este y sur del sector medio. Todos estos conos son de una edad algo avanzada, probablemente del fin del terciario.

Un conjunto volcánico grandioso está formado por los conos modernos, en el sector medio de la isla, con sus campos de lavas, escorias y cenizas, que cubren un área casi triangular con la base en la costa de barlovento, donde la extensión alcanza cerca de 20 kilómetros. En dirección este disminuye rápidamente el ancho del campo lávico que termina en un ápice en la región de San

ISLA DE  
**FUERTEVENTURA**



-  Basaltos de la CORDILLERA ORIENTAL
-  Trapps y rocas plutónicas CORDILLERA OCCIDENTAL



Fig. 17.—Mapa de la isla de Fuerteventura, con indicación de las principales formaciones geológicas (Del autor).

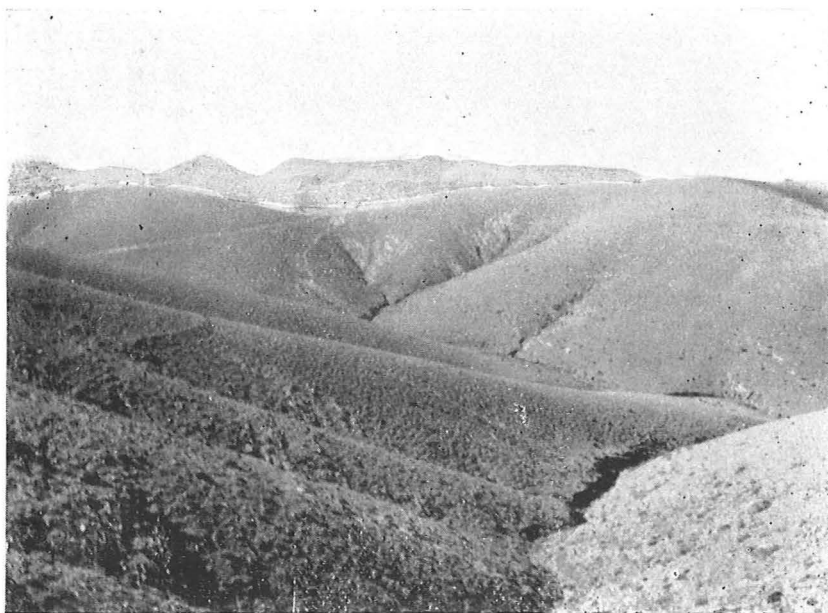


Fig. 18.—Relieve típico del interior de Fuerteventura (costa barlovento) entre Pájara y Chilegua; vista hacia el sur. Formas de erosión maduras en un fundamento de *trapps* e intrusiones, tapados todos por una costra de travertino.

Fcto: H. Hausen

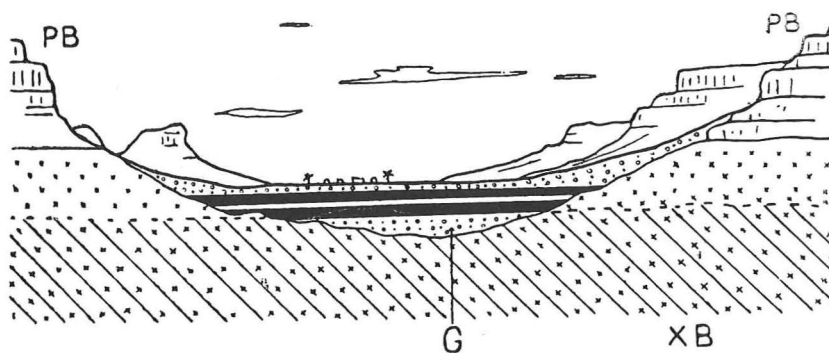
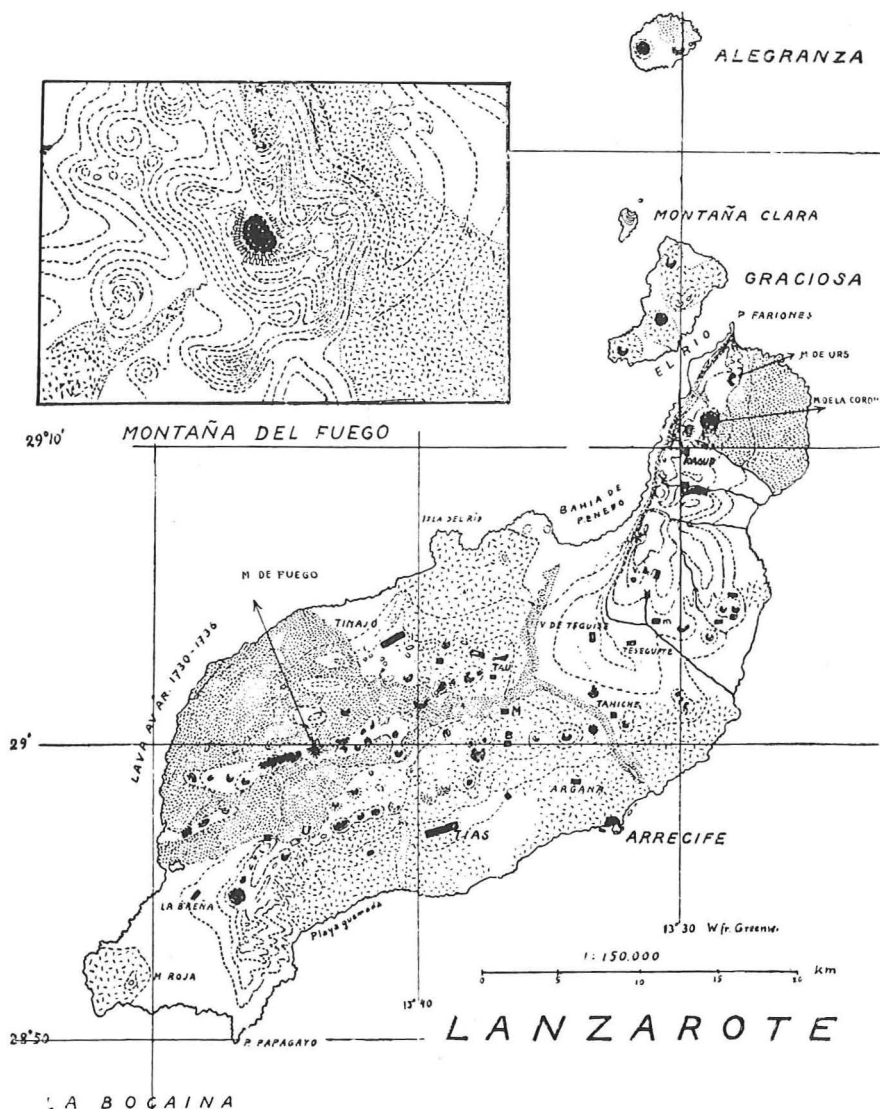


Fig. 19.—Perfil esquemático transversal de un valle de madurez avanzada en la parte este de la isla de Fuerteventura mostrando (según el autor) la distribución de las aguas subterráneas. XB=basamento antiguo de la isla compuesto de *trapps* y de intrusiones plutónicas. PB=capas de basaltos mesetiformes que forman las divisorias entre los valles. Negro=basaltos más jóvenes procedentes de volcanes lávicos en el centro de la isla. Parte basal rayada=agua basal de la isla.



LA BOGAINA

Fig. 20.—Mapa de la isla de Lanzarote con la extensión de las formaciones geológicas indicadas. Según el mapa de K. Sapper (1906).—Blanco=formación antigua basáltica mesetiforme. Punteado=formaciones volcánicas más recientes. Manchas negras=conos volcánicos de escorias.

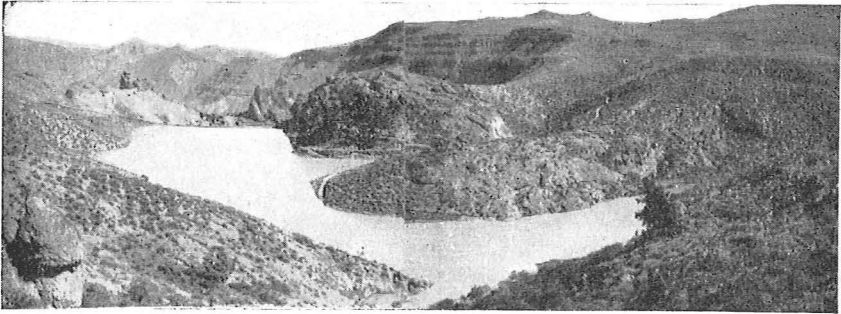


Fig. 21.—Presa de El Rincón, barranco de Los Hornos, encima de La Culata de Tejeda, Gran Canaria. Altura 1500 m. sobre el nivel del mar. El agua superficial procede de Los Llanos de La Paz, una altiplanicie de la parte culminante de la isla. Vista hacia el norte.

(Foto: H. Hausen)



Fig. 22.—Presa de Los Molinos, Fuerteventura, vista hacia el noroeste. A la izquierda se ven las faldas de las rocas de *trapps*, plegadas y con intrusiones de gábro, etc. A la derecha el borde erosivo de capas lávicas casi horizontales, procedentes del interior de la isla.

(Foto: H. Hausen)

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

Bartolomé, dividido en dos brazos de lava, uno hacia el golfo de Penedo y el otro hacia la costa sureste.

Dentro de este triángulo hay una cantidad muy grande de conos de aspecto moderno, la mayoría pertenecientes a las erupciones de la primera mitad del siglo XVIII, y algunos a las últimas manifestaciones en el año 1824. Existe una cierta alineación de los conos (rumbo oeste suroeste-este noreste), como observó ya L. von Buch y lo señaló en su mapa de Lanzarote.

Toda esta región volcánica central mide una superficie de al menos 400 km.<sup>2</sup> y contiene formaciones volcánicas relativamente modernas, aparte de las ya citadas (lavas, escorias y cenizas); los materiales de más edad se hallan tapados por travertino y arenas eólicas.

A esta clase de paisaje hay que añadir un rincón en la extremidad suroeste de la isla (con su volcán: Montaña Roja).

Sobre el *régimen de las aguas subterráneas* no se conoce mucho todavía por falta de investigaciones. Esta isla es, como Fuerteventura, bastante seca, debido a sus alturas insignificantes, que apenas pueden condensar la humedad traída por los alisios del sector norte.<sup>1</sup> El maçizo más importante es el de Famara-Guatifay con sus alturas de hasta 600 m. La población recoge las lluvias invernales, en sus aljibes, para necesidades domésticas. Para el riego de cul-

<sup>1</sup> He recibido últimamente algunos datos sobre la pluviosidad de Lanzarote, facilitados amablemente por Don Mariano López (Haría). Estos datos se refieren en parte al Aerodromo de Guasimeta, cerca de Arrecife, y en parte a Los Lajares, al norte de Haría (parte septentrional de la isla):

### *Aeropuerto de Guasimeta*

1945: 45.1 mm  
1946: 169.0 mm  
1947: 105.0 mm  
1948: 52.8 mm  
1949: 162.9 mm  
1950-1951: incomp.  
1952: 124.5 mm

### *Los Lajares (Haría)*

1950: 238.1 mm  
1951: 237.3 mm  
1952: 198.0 mm  
1953: 390.8 mm

En estos escasos datos se nota ya la pluviosidad más destacada del norte de la isla.

## HANS HAUSEN

tivos no hay prácticamente ninguna agua disponible. Se utiliza el método de cultivo de secanos, esto es: para impedir la evaporación de la humedad del suelo, se cubre éste con lapilli y cenizas que hay en abundancia, procedentes de las grandes erupciones del siglo XVIII. Un problema especial ha sido el abastecimiento de la capital de la isla con agua potable. A este fin se ha abierto una galería en el acantilado de Famara, donde se alumbra ya una cantidad notable de agua. Se trata al parecer de aguas infiltradas de altos niveles.

En cuanto a la existencia de pozos en Lanzarote, mi colega Telesforo Bravo me informa que hay una cadena de pozos antiguos a lo largo de la costa de barlovento (del golfo de Penedo hacia el oeste), muchos de ellos abandonados y llenos de arena después de la erupción del siglo XVIII. En la bahía de Penedo existe un pozo en activo, del que se surte de agua la caleta de la Villa. Aparentemente estos pozos han explotado el agua basal.



## D. LA IRRIGACIÓN DE LOS CULTIVOS

Como ya hemos visto, las precipitaciones anuales en Canarias son insuficientes para proporcionar el agua necesaria a las labores agrícolas que se realizan *en las zonas bajas (costeras), donde existen condiciones de temperatura que permiten el cultivo de plantas tropicales y subtropicales* (en primer lugar plátanos y tomates).

El agua necesaria para estos cultivos ha de ser traída de galerías en las altas montañas y conducida por medio de canales a las zonas de consumo. También se saca el agua basal de pozos en las zonas costeras; pero estas aguas, por su salinidad, no pueden utilizarse en los cultivos de plátanos. En los últimos cincuenta años se ha realizado un gran esfuerzo para aumentar la producción de aguas subterráneas, especialmente en Tenerife y Gran Canaria.

Antes de caracterizar brevemente los tipos de cultivos en las Islas, veremos, aunque en rasgos generales, los procedimientos técnicos utilizados para la recuperación de las aguas.

RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS.—El agua utilizada para los riegos es, como ya hemos visto, de tres clases:

1) Agua de lluvias torrenciales que corren por los barrancos hacia el mar (donde se pierde en su mayoría). Estas corrientes

persisten solamente el tiempo que duran las lluvias, aunque hay excepciones (La Gomera, La Palma).

2) Aguas subterráneas de altos niveles almacenadas en compartimientos naturales entre diques (agua de diques). Esta agua brota en manantiales por las faldas y es de buena calidad.

3) Agua basal, que representa el almacenamiento más grande de cada isla, pero explotable en poca extensión. Esta agua es generalmente algo salobre (al menos en las costas).

En cuanto a las *aguas superficiales*, se encuentran muchas dificultades para su embalse. En las islas occidentales no se practica el almacenamiento en forma de presas en los barrancos, si no es ocasionalmente y en pequeña escala; pero en Gran Canaria hay muchos embalses, especialmente en las faldas de barlovento, donde en tiempo de lluvias corren bastantes aguas hacia el mar. También en otros sectores de la isla hay buenas posibilidades para almacenamientos de esta clase, aunque en ellos llueve mucho menos. Ya se han construido o están en construcción varias grandes presas para el riego de cultivos en las partes bajas de los barrancos.

En la isla de Fuerteventura se han realizado, como hemos mencionado, algunas obras de esta clase, pero sin mayor éxito, debido a la abundancia de material arcilloso en suspensión que traen los torrentes en la época de lluvias.

#### ALGUNOS DATOS SOBRE LAS PRESAS

LA PALMA.—Existe una presa en la parte baja del gran barranco de Las Angustias para retener el *agua que corre permanentemente* desde la gran Caldera de Taburiente, donde hay, como hemos visto, multitud de manantiales en las paredes de aquella depresión. Una parte de esta agua se lleva sin embargo por canales al Valle de Aridane para el riego de los extensos cultivos que allí existen.

TENERIFE.—Hay en esta isla algunas presas, aunque las condiciones son en general poco favorables para tales construcciones. El declive de los barrancos es demasiado grande y el agua de las lluvias corre con gran fuerza hacia abajo, llevando consigo muchos materiales pétreos, incluso grandes bloques. Además el fondo y las

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

paredes de los barrancos son muchas veces poco impermeables y necesitan un revestimiento de cemento para evitar la filtración del agua. Hay una presa en el barranco de Tahodio, cerca de la capital, en la región de Anaga. Otra se encuentra en las cercanías de Aroña, en el sur, mientras que en el valle de La Orotava no existen; únicamente estanques para el almacenamiento (por ejemplo el gran estanque de Ascanío, cerca de La Orotava, construido en el año 1924). En un barranco sobre Santa Cruz hay otra presa de pequeñas dimensiones (barranco de Jiménez, presa de Tabares).

GRAN CANARIA.—Es la isla donde más se practica el almacenamiento de aguas de lluvia. La mayor parte de las presas se encuentra en los barrancos de las vertientes norte y noreste, es decir, en la región de los cultivos más extensos de plátanos, maíz, etcétera (véase el mapa fig. 26 de la memoria *Obras Hidráulicas* del Cabildo Insular de Gran Canaria, 1947). En las otras vertientes existen, además, algunas presas grandes construidas y otras en proyecto. La mayor parte pertenece a Obras Públicas. Hay que mencionar las presas del barranco de Tejeda (en construcción), que servirán para el riego de los terrenos costeros de La Aldea de San Nicolás; la presa de El Rincón (encima de La Culata de Tejeda a una altura de 1.500 m.; véase la fig. 21); la presa de Majada Alta en los nacimientos del gran barranco de Arguineguín; la de Chira, que almacena el agua de las montañas de la región de Ayacata; y la presa de Ayagaures, en un estrecho más al este. Además hay un proyecto de construir una presa grande en el barranco de Tirajana, en su parte superior.

En la parte noroeste de la isla existen presas en el curso superior del Barranco de Agaete, al lado del macizo de Tamadaba, y las aguas se llevan para regar los alrededores de Guía de Gran Canaria.

FUERTEVENTURA.—Hemos hablado ya anteriormente sobre las presas de esta isla, que son tres, de las cuales una queda fuera de función, la de La Herradura (fig. 22).

LANZAROTE.—En esta isla no hay presas y no existe tampoco proyecto de construcción de alguna. Parece que la topografía no es favorable para tales construcciones.

En cuanto se refiere al *alumbramiento de las aguas subterrá-*

neas, podemos hablar de una verdadera industria minera canaria. Son inmensos los capitales que se han invertido en tales empresas, con procedimientos de las dos clases: galerías y pozos. Como una tercera variación se pueden considerar los pozos combinados con galerías.

Una cuestión sumamente difícil y con muchos riesgos es la localización de galerías, es decir, el elegir un sitio donde se pueda esperar teóricamente un resultado positivo. La localización de las obras tiene que apoyarse en el conocimiento, al menos de los rasgos principales, de la geología del subsuelo. Tales conocimientos muchas veces no se tienen en cuenta o se hacen deducciones más bien teóricas o según una intuición práctica. La mayoría de las galerías se abre en niveles altos de las vertientes para que recojan las aguas que se han almacenado entre los diques en aquellas partes de las montañas (agua de diques). La extensión de una galería puede alcanzar de dos a tres kilómetros, generalmente en línea recta, pero con varias ramificaciones. El suelo de estos túneles está en cierto grado inclinado hacia la boca para dejar correr el agua del interior y salir después por los canales en las faldas. El perfil de los túneles es de las dimensiones 2/1.5 m. En muchos casos hay que reforzar las paredes con cemento o con muros de piedra.

TENERIFE.—El desarrollo más grande de las obras de galerías se encuentra en esta isla, de estructura geológica especialmente favorable para tales operaciones (fig. 23). Hay en las montañas altas, como hemos visto, zonas de diques que almacenan mucha agua. Pero también más abajo, por las faldas, se ven galerías, especialmente en las vertientes del barlovento. Las galerías del sotavento se encuentran en la zona del pinar (1000-1500 m.) y representan un recurso muy valioso en una región relativamente seca (compárense los datos meteorológicos, pág. 20). En Anaga son escasas las galerías y lo mismo se puede decir de la península de Teno. Estas últimas regiones están demasiado cortadas por la erosión para admitir un almacenamiento de aguas de diques en mayor escala.

GRAN CANARIA.—No hay aquí galerías en una extensión comparable a las de Tenerife, pero sin embargo hay varias de gran importancia, en las regiones altas del centro de la isla. En estas montañas no se han desarrollado posibilidades tan favorables co-

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

mo en Tenerife, por la presencia de los grandes valles calderiformes, de los cuales hemos hablado anteriormente.

En las islas más orientales no hay galerías, con excepción de la del acantilado de Famara, en Lanzarote.

El alumbramiento por pozos es un método aplicado principalmente con el fin de llegar al agua basal de las islas. Como hemos visto, la orografía en *las islas occidentales* no permite la excavación de pozos sino en estrechas zonas costeras, limitadas más o menos por la curva de nivel de 200 m. En *Gran Canaria* hay zonas algo más extensas donde se pueden hacer con éxito tales obras, especialmente en las bandas este y sureste de la isla, así como en la llanura costera de La Aldea de San Nicolás, en el oeste. Además hay una gran cantidad de pozos en el fondo de los barrancos, en las vertientes del norte y del sur, que explotan corrientes de agua subterránea que en realidad no pertenecen al agua basal sino que han llegado por vías de infiltración desde las regiones altas y, en parte, de las superficies cercanas.

En *Tenerife* la mayoría de los pozos se encuentra por las costas del sur, donde hay posibilidades de llegar al agua basal dentro de 100-200 metros o menos. Esta agua es sin embargo algo salobre, pero se usa extensamente para el riego de las tomateras, puesto que allí está la verdadera zona de esta clase de cultivo (véase el mapa fig. 24).

En *las islas más orientales* encontramos condiciones algo diferentes para la excavación de pozos. Fuerteventura es ahora la isla donde dominan los pozos en el aspecto del paisaje, por la presencia de motores de viento con sus altas torres. Estos pozos están situados en su mayoría en el interior de la isla, en los fondos de los valles y en las llanuras. La profundidad de tales pozos es insignificante: de 15, 20 y 30 metros. Por consiguiente dichos pozos no alcanzan a los niveles donde debe encontrarse el agua basal de la isla. El agua es, generalmente, como hemos mencionado, salobre, y pozos con agua dulce hay en las cercanías de las montañas altas. El pozo más profundo de la isla —80 metros— está en Toto, en un valle muy encajonado en las montañas de Betancuria. En el valle abierto de Gran Tarajal los pozos llegan al agua basal, pero ésta es salobre.

En la isla de Lanzarote hay al presente muy pocos pozos funcionando: uno en la bahía de Penedo y otro en Arrieta.

La mayoría de los pozos, por hallarse en las zonas costeras de las Islas, tiene agua salobre, debido a la cercanía del mar. Hay, sin embargo, casos en que una corriente fuerte de agua subterránea del interior tiene la posibilidad de impedir la mezcla con agua del mar y el agua se mantiene potable o con muy poca salinidad.

Pero la calidad del agua de la costa depende también de la intensidad de la explotación en las cercanías: cuanto mayor es el caudal extraído en 24 horas, tanto más se mezcla con el agua del mar. Un ejemplo de la llanura costera de La Aldea de San Nicolás (Gran Canaria) servirá para ilustrar lo dicho: aquí hay un gran número de pozos que llegan al agua basal, alimentados por el arroyo que corre del barranco de Tejeda hacia el mar. Esta agua es en realidad casi dulce. Pero cuando se intensificó por algún tiempo la explotación con bombas poderosas, el agua de los pozos se puso salobre, para volver a ser potable cuando se suspendió la referida explotación.

En muchos pozos que no alumbraron la cantidad deseada de agua, se abrieron galerías a los lados, a diferentes niveles, que recogieron agua que se habría acumulado debido a la presencia de algunos estratos impermeables, intercalados en la serie de capas lávicas en la localidad en cuestión. En Gran Canaria es donde preferentemente se practica este modo de explotación, no sólo en las partes costeras del este sino también en los barrancos de las montañas.

La repartición por los campos del agua alumbrada se efectúa por medio de canales de cemento (o de puzzolana) o por medio de tuberías gruesas; estas últimas sirven también como sifones para llevar el agua a niveles más altos que la región atravesada. Canales de longitud considerable hay en Tenerife como el que pertenece a la compañía «Aguas del Sur», el canal de Masca a Buenavista o el canal de Masca a la región al sur de Guía. En Gran Canaria hay igualmente canales que llevan agua de las altas montañas a la región de plataneras en el barlovento.

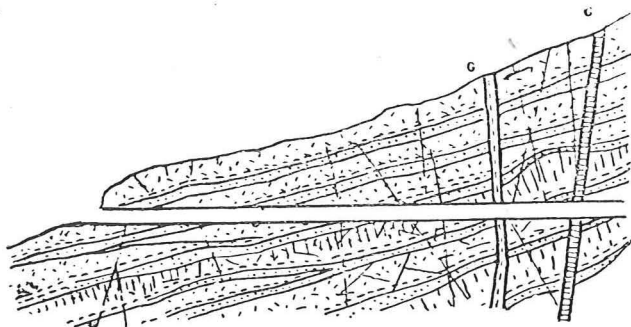


Fig. 23.—Perfil geológico esquemático parcial de las faldas del sur de las montañas de Las Cañadas, Tenerife. La figura muestra la situación de un túnel (galería) que corta oblicuamente las capas lávicas con los estratos intercalados de tobas arcillosas, y que corta también unos diques volcánicos que atraviesan la serie bajo un ángulo obtuso. Agua subterránea aparece en cualquier punto donde la galería cruza una capa de toba. De los diques (G) de basalto, fonolita, etc. el más a la derecha es permeable, el otro menos, pues en éste brota la mayor cantidad de agua retenida.

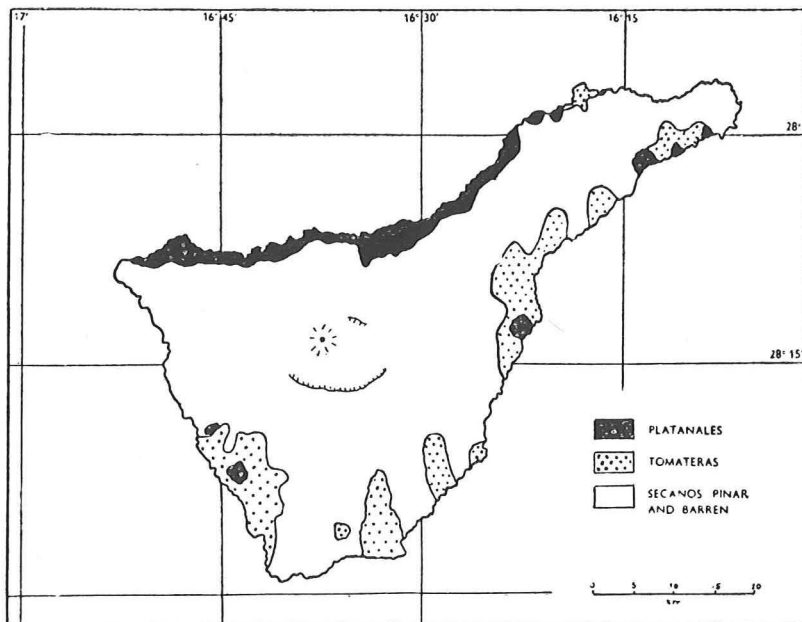


Fig. 24.—Mapa esquemático de Tenerife mostrando la repartición de los principales cultivos de irrigación.

(De "Revista Financiera del Banco de Vizcaya. Islas Canarias", Bilbao 1950).

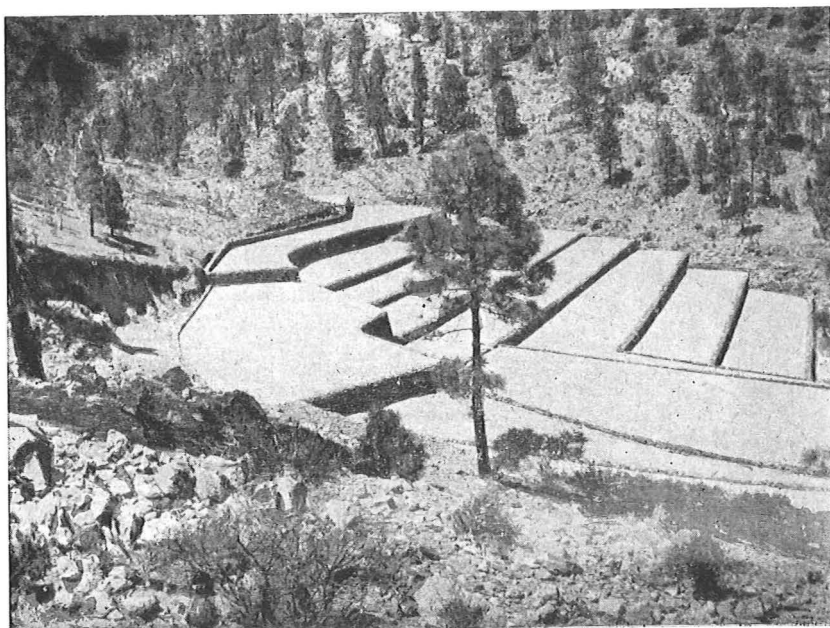


Fig. 25. — Cultivos escalonados de patatas en una falda cerca de Vilaflor, Tenerife, cubiertos por una capa de picón blanco (piedra pómez) para evitar la evaporación de la humedad procedente de lluvias. Altura 1600 metros. (Foto: H. Hausen)

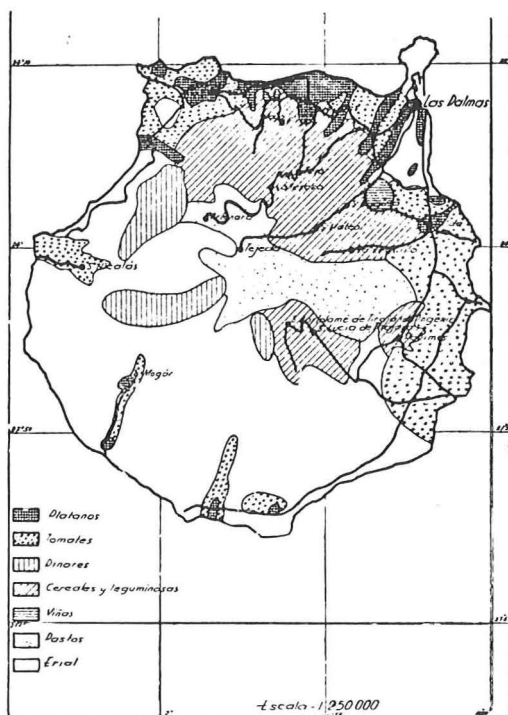


Fig. 26. — Mapa esquemático de Gran Canaria mostrando la repartición de diferentes cultivos con inclusión de bosques y pastos. De *Obras Hidráulicas*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Memoria, Las Palmas, 1947.



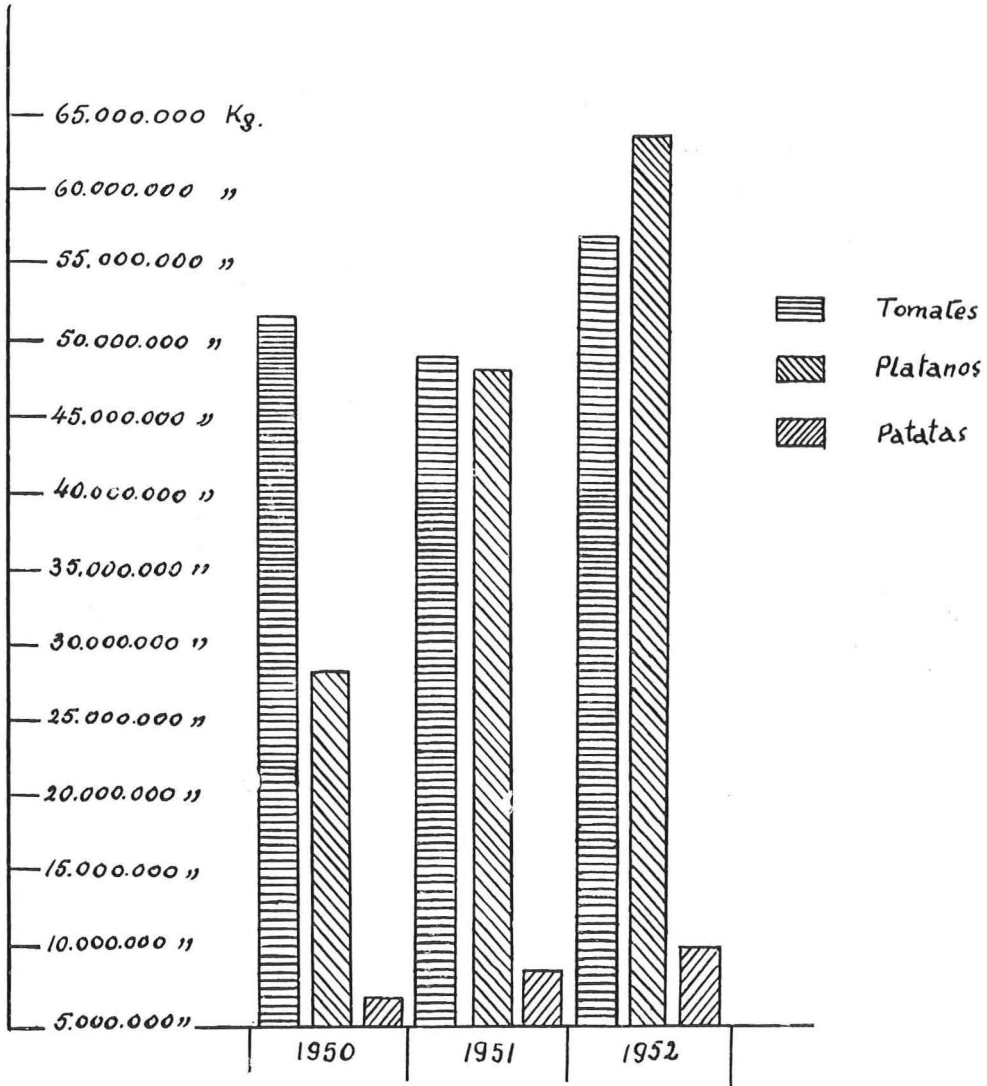


Fig. 27.—Gráfico de la producción en Canarias de tomates, plátanos y patatas en los años .950-52.

Confeccionado por el Dr. E. Fernández Caldas (La Laguna).



## DIFERENTES CLASES DE PLANTACIONES

Hay que distinguir dos tipos de plantaciones: las de regadío y las de secano. En este trabajo vamos a considerar principalmente la primera clase, que ocupa las tierras bajas de las Islas, donde reina el clima más favorable, pero donde no hay humedad atmosférica suficiente.

Los cultivos más importantes son: las plataneras, las tomateras, algunas plantaciones de maíz, de caña de azúcar, etc. También se cultiva un poco el algodón. Los cultivos de patatas, de cebada y de alfalfa, etc. se riegan en cierta medida; pero estos cultivos viven, sin embargo, en su mayoría, de las lluvias, así como también los viñedos. Muchos de los cultivos de secano están en niveles relativamente altos (fig. 25), con excepción de los de las islas orientales, donde ocupan campos bajos.

PLATANALES.—Las plantaciones del plátano (*Musa Cavendishi chinensis*) son la especialidad típica de Canarias, que tienen un buen mercado en Europa occidental y también en Norteamérica. Sostener esta planta en Canarias es muy costoso, porque necesita no sólo abonos sino agua en abundancia en riegos periódicos. El suelo mismo no ofrece condiciones en su estado natural para instalar los

platanales. Los grandes declives de las faldas obligan a la construcción de terrazas escalonadas, en el país llamadas «huertas», con sólidas paredes de piedra. Y esta tierra que llena los huecos detrás de los muros hay que traerla de otros sitios, a veces lejanos.

La región de Canarias más elaborada para el cultivo de plátanos en terrazas escalonadas se encuentra en el fondo del gran Valle de La Orotava, en Tenerife. Otra región importante está en las vertientes septentrionales de Gran Canaria, en muchos casos hasta alturas de 300 y 400 metros sobre el mar. Las tierras de Canarias son de una fertilidad notable, como ocurre siempre en las tierras volcánicas. Pero la fertilidad es variable, debido, entre otras circunstancias, a la diferente edad de las tierras vírgenes. Las tierras expuestas por largo tiempo a la acción atmosférica se empobrecen poco a poco en sustancias nutritivas, fácilmente solubles, mientras que las tierras formadas de materias relativamente modernas son más ricas en cal y álcalis.

Los platanales necesitan en general abonos de varias clases y en proporciones variables, según la calidad de la tierra antes de abonarla. Como ejemplo de fórmula de abonos más común, citamos unos datos recogidos de un librito escrito por Jacobo Ahlers (1925):

Sulfato amónico . . . . .	40 %
Superfosfato cálcico . . . . .	27 >
Sulfato potásico . . . . .	28 >
Sulfato cálcico . . . . .	5 >

La cantidad requerida por cada planta anualmente es del orden de 2.5 kg.

Además de estos fertilizantes se añaden en el invierno abonos orgánicos. Los riegos se efectúan en verano con intervalos de 10 a 12 días, variando en invierno según la precipitación de lluvias. Las aguas empleadas no deben contener sales.

En las cuatro islas occidentales los platanales ocupan una extensión de 4.800 hectáreas y de esta superficie la parte mayor pertenece a Tenerife. En segundo lugar viene La Palma y después La Gomera. En Gran Canaria la superficie de los platanales ocupa aproximadamente 8.000 hectáreas.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

La industria agrícola platanera comenzó a fines del siglo pasado y desde aquel tiempo la producción ha aumentado considerablemente. Estos cultivos han conquistado todas las faldas bajas de barlovento de las islas occidentales (con excepción de El Hierro), donde la topografía lo permite. En La Palma, también una gran parte de sotavento, gracias a la abundancia de agua potable que sale de La Caldera de Taburiente. Asimismo en las regiones lejanas y secas de los barrancos de sotavento en Tenerife, en La Gomera y en Gran Canaria hay limitados platanales, aunque en extensión reducida. En la parte sur de Gran Canaria pequeñas huertas llegan, en el barranco de Mogán, hasta una altura de 400 metros.

Los mapas esquemáticos de Tenerife y Gran Canaria que incluimos (figs. 24 y 26) indican en forma sumaria la extensión de platanales en nuestro tiempo.

Las islas más orientales no tienen platanales, por las causas que hemos explicado anteriormente.

**TOMATERAS.**—Poco después de la introducción del cultivo del plátano en Canarias en escala industrial, se inició el cultivo de tomates, que desde el principio ha representado un producto agrícola de gran importancia para la economía del Archipiélago. El tomate figura al lado del plátano como un producto que forma la base económica real de la vida en estas Islas y tiene, como el plátano, muy buena fama en el mercado europeo. Los cultivos de tomates no necesitan capitales tan grandes como los platanales para su desarrollo; pero, sin embargo, tienen momentos de riesgo por ser estos cultivos mucho más sensibles a los cambios del clima invernal.

Las tomateras ocupan las tierras de cultivo nada más que dos meses, aunque se hacen plantaciones escalonadas a lo largo de seis; la zafra termina en primavera. Para el emplazamiento de tomateras se eligen lugares soleados, abrigados de los vientos y próximos a las costas, por lo que las de sotavento son las más convenientes para esta clase de plantaciones. Además no son exigentes en la calidad del agua, que se saca, generalmente algo salobre, de los pozos de la costa.

Las tomateras ocupan grandes extensiones en Tenerife y Gran Canaria (véanse los mapas figs. 24 y 26) y se ponen continuamente

## HANS HAUSEN

en cultivo nuevas superficies costeras. El aspecto desértico de las zonas bajas del sur de Tenerife y Gran Canaria ha cambiado por completo en poco tiempo. En las islas occidentales el área total ocupada por estos cultivos alcanza 4.000 hectáreas aproximadamente; los de Gran Canaria corresponden a 7.500 hectáreas. En las islas orientales estos cultivos se han desarrollado únicamente en Fuerteventura, gracias a la explotación del agua basal, por medio de pozos, en varias partes de la isla. De importancia especial es la gran cuenca entre Tuineje y Gran Tarajal. En Lanzarote no hay cultivos de riego por falta de agua subterránea y se practican los cultivos solamente en forma de secano. Se trata de plantaciones de maíz, tabaco, patatas etc., mientras que los viñedos se limitan a las áreas de lapilli y cenizas procedentes de los grandes centros de erupción volcánica en el siglo XVIII. La uva es, en realidad, el producto agrario más típico de Lanzarote, mientras que Fuerteventura ya tiene fama por sus tomates de alta calidad.

## **RESUMEN Y ASPECTOS DEL FUTURO**

Hemos dedicado especial atención a los problemas de las aguas subterráneas de Canarias, a sus movimientos (vías de infiltración) y a su almacenamiento natural en las montañas y en la base de cada una de las Islas. También hemos estudiado los métodos de alumbramiento de las aguas, no solamente de las subterráneas sino también de las aguas superficiales que durante cada lluvia torrencial corren por los barrancos hacia el mar. Hemos visto cómo la hidrología subterránea depende íntimamente de la estructura geológica, que es bastante variada en las Islas Canarias. Sin embargo, podemos demostrar una cierta semejanza en el régimen de aguas en las islas occidentales, incluida Gran Canaria, mientras que las más orientales ofrecen aspectos diferentes.

En tiempos antiguos los habitantes vivieron usando el agua de manantiales; pero, con la introducción de cultivos de plátanos y tomates en escala industrial, empezó, en ritmo acelerado, la explotación de aguas superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales se recogen con relativa facilidad y quedan a la disposición de los cultivos las embalsadas en las presas. Pero estos recursos son algo caprichosos: en años secos las presas no se llenan. Más seguros son los alumbramientos de aguas subterráneas en forma de galerías y

pozos. Y es en esta forma como se van explotando las aguas subterráneas en cantidades que aumentan cada año.

Desconocemos, sin embargo, todavía, *si el caudal de aguas subterráneas es suficiente para garantizar la creciente demanda de agua para las plantaciones*. También se desconoce si el consumo anual de estas aguas es equivalente a la del agua infiltrada en las montañas, o si aún existen aguas almacenadas por diques que todavía se puedan explotar en el futuro. Éstos son, a nuestro juicio, los principales interrogantes a considerar en el planteo del inquietante problema del agua subterránea de las Canarias.

Los datos de que disponemos para poder hacer algunos cálculos en este sentido son aún muy escasos. Para saber con más exactitud las cantidades de aguas de lluvia, de las nieves y de escarcha que van infiltrándose en el suelo de las montañas, se necesitan observaciones mucho más abundantes en el sentido de lugar y de tiempo. Falta todavía una red suficiente de estaciones distribuídas por las Islas, que tomen todos los datos meteorológicos. También serían necesarias perforaciones investigadoras en las montañas para aclarar la estructura geológica, como los yacimientos de aguas escondidas en el interior.

Indicamos aquí, al final, los valores obtenidos correspondientes a las cantidades de aguas extraídas en las islas de Tenerife y Gran Canaria:

- Tenerife (1948): 108.675.000 m.<sup>3</sup> (casi en su totalidad de galerías);  
 Gran Canaria (1949): 132.829.600 m.<sup>3</sup> (de galerías y pozos).



## BIBLIOGRAFÍA

(las publicaciones son en su mayoría de índole geológica)

1857. GEORG HARTUNG, *Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura*, Zürich (con mapa).
1867. KARL VON FRITSCH, *Reisebilder von den Canarischen Inseln*, «Petermanns geogr. Mitteilungen», Gotha.
1884. SALVADOR CALDERÓN Y ARANA, *Areniscas y dunas de las Islas Canarias*, «Actas de la Real Sociedad Española de Historia Natural», tomo XIII, Madrid.
1894. OTTO WALTHER, *Petrographische Studien an Gesteinen der Insel Hierro*. Nebst einer Beigabe: K. VON FRITSCH, *Geognostische Aufzeichnungen über die Insel*, Halle.
1903. WALDEMAR LINDGREN, *The Water Resources of Molokai*, U.S. Geol. Survey Water Supply Paper 77, Washington.
1906. KARL SAPPER, *Beiträge zur Kenntnis von Palma und Lanzarote*, «Petermanns geogr. Mitteilungen», Band 52, Gotha.
1908. PEREYRA GALVIATTI, *Notas de geología agrícola de la isla de Lanzarote*, «Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural», Madrid, octubre-noviembre.
1910. EDUARDO H. PACHECO, *Estudio geológico de Lanzarote y de las Isletas Canarias*, «Memorias de la Real Sociedad

- Española de Historia Natural», tomo VI, Mem. núm. 4, Madrid.
1918. LUCAS FERNÁNDEZ NAVARRO, *Observaciones geológicas en la isla de Gomera*, «Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales», Serie geológica, núm. 23, Madrid.
1921. RAMÓN DE ASCANIO Y LEÓN, *Tenerife y sus aguas subterráneas*, tomo I, La Laguna.
1921. RAMÓN DE ASCANIO Y LEÓN, *Gran Canaria y sus aguas subterráneas*, tomo I, La Laguna.
1924. LUCAS FERNÁNDEZ NAVARRO, *Estudios hidrogeológicos en el Valle de La Orotava*, Santa Cruz de Tenerife, A. Romero.
1925. JACOB AHLERS, *Tenerife u. die anderen Canarischen Inseln. Reiseführer*, Santa Cruz de Tenerife.
1925. LUCAS FERNÁNDEZ NAVARRO, *Informe acerca de las condiciones hidrológicas de la isla de Fuerteventura y medios de remediarlas*, «Boletín Oficial de Minas y Metalurgia», pág. 1003, Madrid.
1926. LUCAS FERNÁNDEZ NAVARRO, *El problema del agua en los terrenos volcánicos*, «Asociación Española para el Progreso de las Ciencias», Congreso de Coimbra, Madrid, tomo II, Conferencias.
1927. LUCAS FERNÁNDEZ NAVARRO y L. PUIG DE LA BELLACASA, *Sobre la posibilidad de que existan aguas de origen profundo en las formaciones volcánicas de las Islas Canarias*, «Bulletin volcanologique», Resina (Napoli), números 13 y 14.
1929. AXEL HAMBERG, *Kanarieöarna*. «Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Arsbok for ar 1929». Stockholm.
1929. H. T. STEARNS, *Success and Failure of Reservoirs in Basalt*, American Institute of Mining Engineers, techn. publ. 15.
1930. O. E. MEINZER, *Ground Water in the Hawaiian Islands*, U. S. Geol. Survey Water Supply Paper 616, Washington D. C.
1930. H. T. STEARNS and W. O. CLARK, *Geology and Water Resources of the Kau District*, Hawaii Water Supply Paper 616, Washington.

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

1930. OSCAR E. MEINZER, *Geology and Ground Water Resources of the Kau District*, Hawaii, U. S. Geol. Survey Water Supply Paper 616, Washington.
1932. JOSÉ CAPOTE JIMÉNEZ, *Cultivo intensivo del plátano en las Islas Canarias*, La Laguna.
1933. RICHARD STAPPENBECK, *Über Grundwasser in kristallinen Gesteinen*, Das Gas- und Wasserfach, München und Berlin.
1937. J. BOURCART et E. JÉRÉMINE, *Le Grande Canarie... Étude géologique et lithologique*, avec 8 planches et une carte, «Bulletin volcanologique», Série II, Tome II, Napoli.
1946. H. T. STEARNS and G. A. MACDONALD, *Geology and Ground Water Resources of the Island of Hawaii*, Bulletin 9, Hawaii Division of Hydrography.
1947. THE SAME AUTHORS, *Geology and Ground Water Resources of the Island of Molokai*, Bulletin 11, Hawaii Division of Hydrography.
1947. EXCMO. CABILDO INSULAR DE GRAN CANARIA, *Obras Hidráulicas*, Memoria, Las Palmas.
1949. BOLETÍN MENSUAL DEL CENTRO METEOROLÓGICO DE TENERIFE, I-IV.
1950. BANCO DE VIZCAYA, *Revista financiera. Islas Canarias. Homenaje a la economía canaria*. Año XIX, número 76, Bilbao.
1951. LUIS CEBALLOS y FRANCISCO ORTUÑO, *Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de las Canarias Occidentales*, Madrid.
1953. LEONCIO AFONSO, *Esquema de Geografía Física de las Islas Canarias*, La Laguna de Tenerife, 1953.
1954. TELESFORO BRAVO, *Geografía General de las Islas Canarias*, Santa Cruz de Tenerife (en prensa).
1954. HANS M. HAUSEN and Collaborators, *Contributions to the Geology of Tenerife (Canary Islands)*, Helsinki y Santa Cruz de Tenerife (manuscrito).

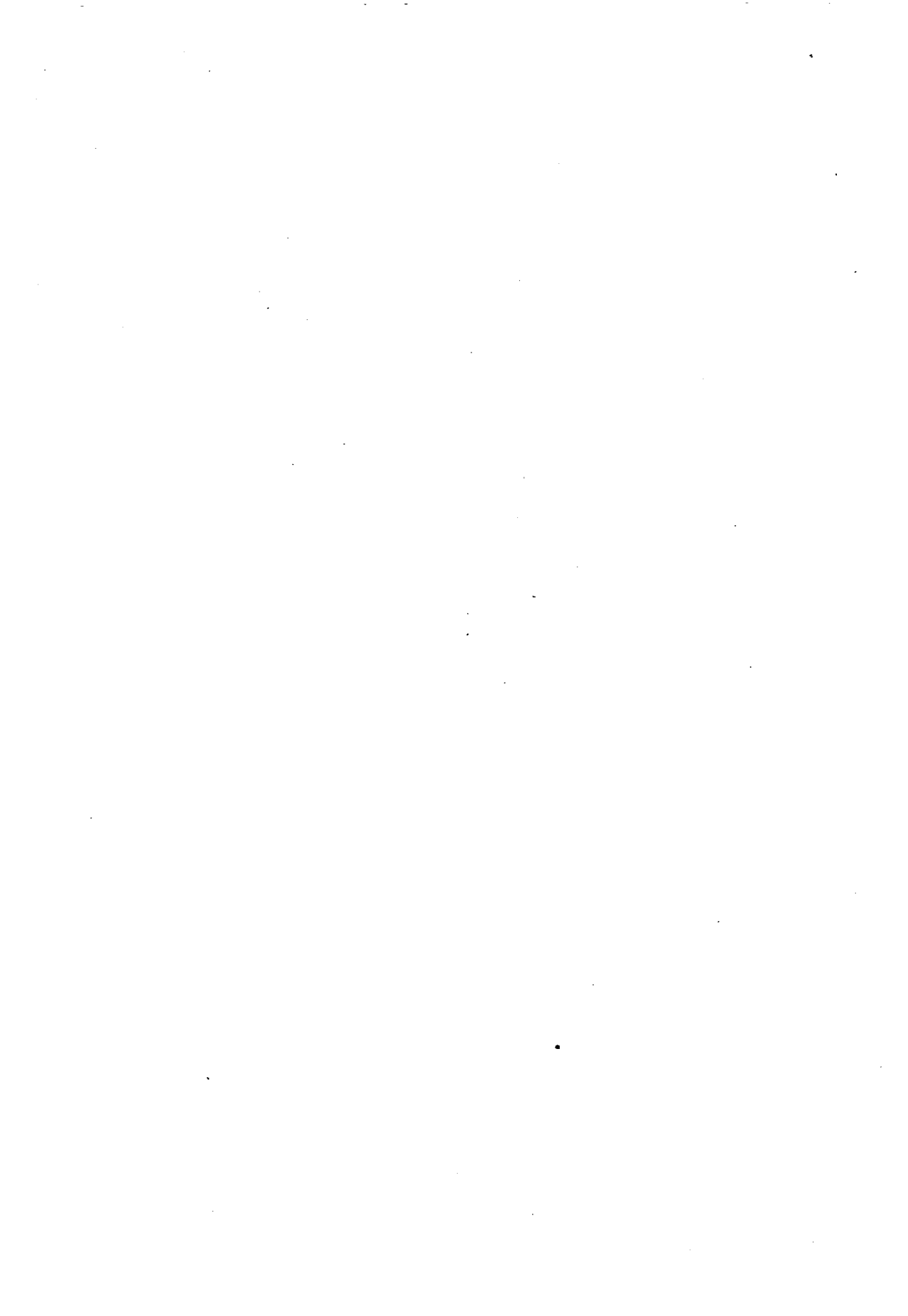


## ÍNDICE

PREFACIO	9
FISIOGRAFÍA DE LAS ISLAS	13
CONDICIONES CLIMÁTICAS	17
A. LAS ROCAS DEL SUBSUELO Y SUS GRADOS DE PERMEABILIDAD:	22
Las rocas lávicas	23
Las capas de escorias	23
Los diques volcánicos	23
Las capas de tobas más o menos alteradas	24
La puzzolana	24
Las capas superficiales de tierras porosas y de malpaíses lávicos	25
B. MOVIMIENTO DE AGUAS. PRINCIPIOS GENERALES:	26
a) Aguas superficiales de lluvias	26
b) Aguas subterráneas	27
Aguas subterráneas de regiones altas almacenadas sobre capas impermeables y encerradas entre diques volcánicos (agua de diques)	27

## HIDROGRAFÍA DE CANARIAS

Aguas subterráneas que se mueven por el subsuelo de las faldas hacia las costas de las Islas (agua de capas)	29
Aguas acumuladas en las partes basales de una isla (agua basal, agua de pozos)	30
El calor volcánico interior y su probable influencia sobre las aguas subterráneas	33
C. CONDICIONES HIDROGRÁFICAS ESPECIALES EN LAS DIFERENTES ISLAS:	35
La Palma	36
El Hierro	38
La Gomera	39
Tenerife	42
Gran Canaria	48
Fuerteventura	55
Lanzarote	63
D. LA IRRIGACIÓN DE LOS CULTIVOS:	67
Algunos datos sobre las presas	68
DIFERENTES CLASES DE PLANTACIONES:	73
Platanales	73
Tomateras	75
RESUMEN Y ASPECTOS DEL FUTURO	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ÍNDICE	83



SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EL DÍA CINCO DE NOVIEMBRE  
DE MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO, EN  
LA IMPRENTA GUTENBERG, LA LAGUNA DE TENERIFE



