

Ministerio de Obras Públicas  
Dirección General de Obras Hidráulicas  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
Unesco

**ESTUDIO CIENTIFICO  
DE LOS RECURSOS DE AGUA  
EN LAS ISLAS CANARIAS (SPA/69/515)**

**VOLUMEN III**

**PROVINCIA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE**



Ministerio de Obras Públicas  
Dirección General de Obras Hidráulicas  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
Unesco

**ESTUDIO CIENTIFICO  
DE LOS RECURSOS DE AGUA  
EN LAS ISLAS CANARIAS (SPA/69/515)**

**VOLUMEN III  
PROVINCIA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE**

Madrid, España 1975

Cavaron los siervos de Isaac en la vaguada y encontraron allí un pozo de aguas vivas. Pero riñeron los pastores de Guerar con los pastores de Isaac, diciendo: "el agua es nuestra". El llamó al pozo Eseq (riña), ya que se habían querellado con él. Excavaron otro pozo y también riñeron por él: lo llamó Sitná (denuncia). Partió de allí y cavó otro pozo, y ya no riñeron por él: lo llamó Rejobot (abundancia), y dijo: "Ahora Yahvéh nos ha dado desahogo, y prosperaremos en esta tierra".

(Génesis 26, 19-22)



## PROEMIO

El presente volumen pretende dar una visión panorámica de los estudios realizados y un compendio de los resultados obtenidos en la provincia de Santa Cruz de Tenerife -constituida por las islas de Tenerife, La Palma, Gomera, Hierro- dentro del marco del Proyecto Canarias Spa - 15, dedicado al "Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias".

Está dividido en cuatro capítulos, correspondientes a cada una de las islas, que reciben así un tratamiento específico y diferencial, en función de sus necesidades. Los referentes a Hierro y Gomera son informes de recopilación y síntesis de los datos disponibles, y de los estudios realizados a partir de los cuales se ha efectuado una primera evaluación de sus respectivos recursos hidráulicos. Los dedicados a La Palma y Tenerife son de mayor entidad, en particular este último, que comprende los resultados de las observaciones directas realizadas, la metodología convencional y la descripción de las técnicas más modernas empleadas en su estudio. En ambos se incluyen los resultados del inventario detallado realizado y un balance hidrológico por zonas, por lo que pueden considerarse bastante completos.

La lectura de este volumen, a pesar del cúmulo de datos que recoge, puede defraudar a algunos, que quisieran poder ver en él la repetición de algunos tópicos comunes y la solución de los problemas hidráulicos de la provincia.

Quienes tal hagan confunden lamentablemente la experiencia, absolutamente necesaria y muy importante, con la inercia que nos incita, por la ley del mínimo esfuerzo, a aceptar sin discusión esquemas mentales preestablecidos, que en su día fueron admisibles aproximaciones al problema. Por otra parte, la solución de los problemas planteados no es una cuestión meramente técnica, y en base a los estudios realizados habrá que tomar decisiones político-administrativas, que prefijen las metas a alcanzar y los medios de actuación, y su virtualidad será prácticamente nula si no existe un espíritu de cooperación mutua entre todos los usuarios y detentadores de ese bien común y escaso que es el agua.

La recopilación de datos y la redacción del borrador de este volumen fue realizada por el Sr. Fernandopullé, Asesor Técnico Principal de Unesco, en base a los estudios e informes parciales de los diversos consultores y expertos del Proyecto. Este borrador ha sido la pauta de la versión actual, realizada por los Sres. Heras Rodríguez y Sáenz de Oiza, Coordinador y Director del Proyecto, respectivamente, con la colaboración del Sr. Custodio Gimena y los Ingenieros de Caminos Sres. Jiménez Suárez y Hoyos-Limón Gil.



## INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
TENERIFE .....	1
SAN MIGUEL DE LA PALMA .....	121
GOMERA .....	173
HIERRO .....	205

TENERIFE



## INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
1.1. Fisiografía .....	1
1.2. Vegetación, suelos y erosión .....	2
1.3. Zonificación de la isla .....	3
1.4. Población .....	4
1.5. Demanda actual y futura .....	6
1.5.1. Usos urbanos e industriales .....	6
1.5.2. Usos agrícolas .....	7
1.5.3. Resumen .....	9
2. GEOLOGIA .....	11
2.1. Generalidades .....	11
2.2. Estratigrafía .....	12
2.3. Descripción de las Series .....	13
2.3.1. Serie Basáltica I .....	13
Generalidades .....	13
Materiales Constituyentes .....	14
2.3.2. Formaciones brechoides de la base de la Serie II .....	15
Generalidades .....	15
Sector Norte .....	15
Sector Dorsal .....	16
2.3.3. Serie Basáltica II .....	17
Generalidades .....	17
Materiales Constituyentes .....	17
2.3.4. Serie Cañadas .....	17
Generalidades .....	17
Materiales Constituyentes .....	18
2.3.5. Serie Traquítica y Traquibasáltica .....	19
Generalidades .....	19
Materiales Constituyentes .....	19
2.3.6. Series Basálticas III y IV .....	19
Generalidades .....	19
Materiales Constituyentes .....	20

	<u>Página</u>
2.3.7. Complejo Teide-Pico Viejo . . . . .	20
Generalidades . . . . .	20
Materiales Constituyentes . . . . .	20
2.4. Estructura . . . . .	21
Generalidades . . . . .	21
Ejes estructurales . . . . .	21
Diques . . . . .	22
Fisuración secundaria . . . . .	22
Fallas . . . . .	23
Disposición de las unidades estratigráficas . . . . .	23
Discordancias . . . . .	23
Valles y escapes morfológicos . . . . .	24
La depresión de "Las Cañadas" . . . . .	24
2.5. Prospección geofísica . . . . .	25
3. HIDROLOGIA . . . . .	27
3.1. Climatología y meteorología . . . . .	27
3.1.1. Características climáticas medias . . . . .	27
3.1.2. Evapotranspiración . . . . .	28
3.1.3. Red hidrometeorológica existente . . . . .	28
3.2. Aguas superficiales . . . . .	28
3.2.1. Precipitación . . . . .	28
3.2.2. Red pluviométrica estudiada . . . . .	29
3.2.3. Tratamiento de datos . . . . .	30
3.2.4. Leyes de distribución . . . . .	33
3.2.5. Planteamiento de la red pluviométrica . . . . .	33
3.2.6. Trazado de isoyetas . . . . .	33
3.3. Estimación de aportaciones totales . . . . .	36
3.3.1. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas . . . . .	38
3.4. Regulación . . . . .	38
3.4.1. Planteamiento general . . . . .	38
3.4.2. Curvas de regulación . . . . .	39
3.5. Datos físicos . . . . .	40
3.6. Máximas crecidas . . . . .	43
3.7. Aguas subterráneas . . . . .	47
3.7.1. Generalidades . . . . .	47
3.7.2. Características hidrogeológicas generales . . . . .	48
3.7.3. Hidrodinámica . . . . .	51
3.7.4. Recursos y reservas . . . . .	60
3.7.5. Sondeos de exploración . . . . .	60
4. RECURSOS HIDRAULICOS . . . . .	63



	<u>Página</u>
4.1. Recursos superficiales .....	63
4.1.1. Capacidad de embalse .....	63
4.1.2. Red de distribución .....	65
4.2. Recursos subterráneos .....	65
4.2.1. Inventario hidrológico .....	65
4.2.2. Manantiales .....	67
4.2.3. Pozos .....	69
Características constructivas e instalaciones .....	69
Situación .....	71
Caudales .....	71
Concentración de Cl <sup>-</sup> en el agua de los pozos .....	75
Evolución histórica .....	76
4.2.4. Galerías .....	76
Introducción .....	76
Situación actual .....	76
Características constructivas e instalaciones mecánicas .....	76
Longitud .....	85
Caudales .....	86
Gases y calor .....	87
Red de conducción de aguas .....	88
Evolución histórica .....	88
4.3. Balance hídrico .....	91
5. HIDROQUIMICA .....	97
5.1. Temperatura .....	98
5.2. CO <sub>2</sub> libre .....	98
5.3. Resultados generales de las determinaciones de laboratorio .....	99
5.4. Conductividad eléctrica .....	99
5.5. Contenido en Cl <sup>-</sup> .....	100
5.6. Relación $r(\text{Ca} + \text{Mg})/r(\text{Na} + \text{K})$ .....	101
5.7. Relación $r\text{Cl}/r(\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3)$ .....	101
5.8. Corte hidrogeoquímico .....	102
5.9. Zonificación química .....	102
I Aguas carbonatadas y bicarbonatadas .....	102
II Aguas cloruradas .....	102
III Familia de los sulfatos .....	105
1.- Aguas bicarbonatadas con alcalinos dominantes:	
$r(\text{Na} + \text{K}) = 50 - 75\%$ ..	105
$r\text{Mg} > r\text{Ca}$	
2 - Aguas bicarbonatadas con alcalinotérreos dominantes:	
$r(\text{Mg} + r\text{Ca}) = 50 - 75\%$ .	105
3 - Aguas cloruradas con alcalinos dominantes:	
$r(\text{Na} + \text{K}) = 50 - 75\%$ ...	105
4 - Aguas cloruradas ricas en alcalinotérreos:	
$r(\text{Mg} + \text{Ca}) = 50 - 75\%$ .	105
5 - Aguas sulfatadas con alcalinos dominantes .....	105

	<u>Página</u>
5.10. Investigaciones isotópicas .....	106
5.11. Relación $\delta O^{18}/\delta D$ .....	110
<b>6. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>113</b>
6.1. Resumen .....	113
6.2. Resultados .....	114
6.3. Conclusiones .....	117
6.4. Recomendaciones .....	118



## INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro núm. 1 - Superficies y volúmenes a diferentes cotas .....	2
Cuadro núm. 2 - Zonificación de la isla .....	4
Cuadro núm. 3 - División administrativa .....	5
Cuadro núm. 4 - Superficies de los diferentes cultivos, por municipios .....	8
Cuadro núm. 5 - Dotaciones medias y máximas de los cultivos, por zonas .....	9
Cuadro núm. 6 - Extensión, potencia y volumen aproximado de las diferentes series .....	14
Cuadro núm. 7 - Rectas de regresión y coeficientes de correlación .....	31
Cuadro núm. 8 - Pluviometría media mensual de las estaciones definitivas ...	34
Cuadro núm. 9 - Ley de Goodrich y Test de Kolmogoroff .....	35
Cuadro núm. 10 - Aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona I .....	37
Cuadro núm. 11 - Aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona II .....	37
Cuadro núm. 12 - Estimación de aportaciones medias .....	38
Cuadro núm. 13 - Características físicas de los diferentes barrancos .....	43
Cuadro núm. 14 - Precipitaciones máximas en 24 horas, en las diferentes zonas, para distintos períodos de recurrencia .....	44
Cuadro núm. 15 - Coeficientes de escorrentía para las diferentes zonas .....	45
Cuadro núm. 16 - Caudales específicos de crecida (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) para distintos períodos de recurrencia .....	46
Cuadro núm. 17 - Estadística de la frecuencia de surgencias en galerías y los factores que las condicionan .....	49
Cuadro núm. 18 - Productividad de las galerías en las diferentes formaciones ..	50
Cuadro núm. 19 - Frecuencia y evolución en el tiempo de las surgencias de las galerías en cada formación .....	51
Cuadro núm. 20 - Propiedades hidráulicos del acuífero del Valle de Güímar ...	57
Cuadro núm. 21 - Estimación de la transmisividad por la Ley de Darcy .....	58



	<u>Página</u>
Cuadro núm. 22 - Descarga al mar por zonas .....	59
Cuadro núm. 23 - Períodos real y óptimo del reconocimiento termográfico ...	61
Cuadro núm. 24 - Características de los sondeos .....	62
Cuadro núm. 25 - Embalses y depósitos de capacidad superior a 75.000 m <sup>3</sup> ..	63
Cuadro núm. 26 - Capacidad de embalse por términos municipales .....	64
Cuadro núm. 27 - Número y caudal de los manantiales, por términos municipa- les .....	67
Cuadro núm. 28 - Manantiales principales .....	68
Cuadro núm. 29 - Tipos de pozos, profundidades y caudales .....	69
Cuadro núm. 30 - Características de los pozos costeros, por términos municipa- les .....	70
Cuadro núm. 31 - Potencia de las instalaciones de los pozos .....	71
Cuadro núm. 32 - Distribución de los pozos por caudales .....	71
Cuadro núm. 33 - Comparación de caudales y profundidades de pozos .....	75
Cuadro núm. 34 - Clasificación de los pozos por contenido en Cl <sup>-</sup> .....	75
Cuadro núm. 35 - Evolución de los pozos en este siglo .....	76
Cuadro núm. 36 - Caudales de galerías, pozos y manantiales .....	77
Cuadro núm. 37 - Características de las galerías, por términos municipales ....	78
Cuadro núm. 38 - Instalaciones mecánicas en las galerías .....	85
Cuadro núm. 39 - Clasificación de las galerías por la longitud de su traza princi- pal .....	85
Cuadro núm. 40 - Características de las galerías, en función de la longitud de su galería principal .....	86
Cuadro núm. 41 - Distribución y características de las galerías, por cotas ....	87
Cuadro núm. 42 - Galerías con gases, en función de su longitud .....	88
Cuadro núm. 43 - Evolución de las galerías en este siglo .....	89
Cuadro núm. 44 - Evolución de las galerías con agua en este siglo .....	90
Cuadro núm. 45 - Volúmenes extraídos por las galerías en diversas fechas ....	90
Cuadro núm. 46 - Volúmenes extraídos y trabajos realizados en diferentes pe- ríodos .....	91
Cuadro núm. 47 - Volúmenes extraídos y productividades, por municipios ...	92
Cuadro núm. 48 - Coeficiente de escurrentía en las diversas regiones .....	93
Cuadro núm. 49 - Comparación de balances globales .....	94
Cuadro núm. 50 - Balance por zonas .....	95
Cuadro núm. 51 - Resultados de los análisis isotópicos .....	100

	<u>Página</u>
Cuadro núm. 52 - Características de los estudios con isótopos .....	106
Cuadro núm. 53 - Resultados de los análisis isotópicos .....	109
Cuadro núm. 54 - Clasificación de unidades por relieve .....	115
Cuadro núm. 55 - Clasificación de calidad de agua de los pozos en explotación	116



## INDICE DE GRAFICOS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
Gráfico TE-3.1	Curvas de regulación .....	41
Gráfico TE-3.2	Niveles piezométricos y eficiencia a la marea en el Valle de Güímar .....	53
Gráfico TE-3.3	Ensayo típico de descenso y recuperación .....	55
Gráfico TE-4.1	Cota y profundidad de los pozos ...	73
Gráfico TE-4.2	Longitudes medias de galerías .....	79
Gráfico TE-4.3	Caudales medios de galerías .....	81
Gráfico TE-4.4	Productividades de galerías .....	83
Gráfico TE-5.1	Secciones hidrogeoquímicas .....	103
Gráfico TE-5.2	Características geoquímicas del agua subterránea .....	107

## INDICE DE LAMINAS

<u>Número</u>	<u>Título</u>
Lámina TE-1.1	Mapa geográfico general
Lámina TE-1.2	Zonificación agrológica
Lámina TE-1.3	Regiones y zonas litológicas
Lámina TE-2.1	Cartografía geológica
Lámina TE-2.2	Cortes hidrogeológicos
Lámina TE-3.1	Pluviometría media anual y red hidrometeorológica
Lámina TE-3.2	Niveles piezométricos
Lámina TE-3.3	Características hidrogeológicas de galerías tipo
Lámina TE-3.4	Análisis de la termografía aérea
Lámina TE-3.5	Sondeos de reconocimiento
Lámina TE-4.1	Balance hidráulico insular
Lámina TE-5.1	Temperatura del agua subterránea
Lámina TE-5.2	Contenido en CO <sub>2</sub> del agua subterránea
Lámina TE-5.3	Conductividad del agua subterránea
Lámina TE-5.4	Contenido en Cl <sup>-</sup> del agua subterránea
Lámina TE-5.5	Relación $r(\text{Ca} + \text{Mg})/r(\text{Na} + \text{K})$ del agua subterránea
Lámina TE-5.6	Relación $r\text{Cl}^-/r\text{HCO}_3^-$ del agua subterránea
Lámina TE-5.7	Zonificación química del agua
Lámina TE-5.8	Puntos de muestreo por isótopos



## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Fisiografía

La isla de Tenerife, la más extensa y elevada del Archipiélago Canario, es de forma aproximadamente triangular, tiene una superficie de 2.058 Km<sup>2</sup> y culmina a los 3.718 m. en el Volcán Teide. Su longitud máxima es de 80 Km. y su mayor anchura de 40. Las costas, acantiladas y sin playas excepto en la región sur, tienen un desarrollo de 269 Km. Sus límites extremos son: la Punta Bajo Las Palmas, al norte; Punta Salema, al sur; Punta de Anaga, al E y Punta de Teno, al W. (Lámina TE-1.1).

En el centro de la isla, hacia la cota 2.000, existe una amplia depresión semicircular, Las Cañadas, con un diámetro máximo de 20 Km, flanqueada al sur por fuertes escarpes, (El Sombrerito, 2.534 m; Roque de Los Almendros, 2.468 m; Montaña Guajara, 2.717 m; Roque de la Grieta, 2.582 m), mientras que la porción septentrional desaparece bajo los grandes estratovolcanes del Teide (3.718 m) y Pico Viejo (3.103 m), que recubren el fondo de la primitiva depresión.

A partir de Las Cañadas y en dirección NE se extiende la Cordillera Dorsal, que culmina en Abreu (2.402 m), El Cabezón (2.389 m), Izaña (2.387 m), Montaña de La Negrita (2.241 m), Montaña de La Crucita (2.040 m), Joco (1.903 m), Los Picachos (1.702 m), Montaña de Agustino (1.439 m) y Montaña Grande (1.243 m), que se prolonga por la península de Anaga en Taborno (1.024 m), Roque de Los Pasos (934 m) y Roque de Anambra (864 m). En dirección N, hacia la península de Teno, se encuentran los vértices Samara (1.939 m), Cascajo (1.758 m), Abeque (1.585 m), Cruz (1.525 m), Montaña de Los Tomillos (1.397 m), Gala (1.348 m) y Baracán (1.003 m).

La simple enumeración realizada da idea de lo accidentado del relieve, hecho que se confirma con el estudio del Cuadro núm. 1 en el que se relacionan las superficies y volúmenes destacados a diferentes cotas.

Como rasgos fisiográficos notables, aparte de las alineaciones montañosas reseñadas, merecen destacarse los macizos de Anaga y Teno (en el NE y NW respectivamente) y los valles de La Orotava y Güímar (en las vertientes norte y sur de la cordillera dorsal), depresiones topográficas delimitadas por escarpadas paredes, originadas por grandes deslizamientos de masas rocosas.

La red de drenaje está escasamente desarrollada y los valles, secos y muy encajados, tienen cuencas de pocos Km<sup>2</sup> y pendientes del 20 al 40 %. La densidad de drenaje, medida en



Km. de barranco principal por Km<sup>2</sup> de superficie afluyente, varía de media (7 a 9) a baja (2 a 3). Únicamente merecen citarse por su importancia relativa los siguientes barrancos, enumerados en sentido horario a partir del norte: Los Cochinos, Castro, Ruiz, Aguas de Dios, del Tomadero, Afur de Tamadite, Igueste, Huertas, Cercados de Andrés, Tahodio, Erques, Las Hiedras, del Río, Las Galletas, del Rey, del Infierno, de Erques y de Guía.

CUADRO Nº 1

Cota (m)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Superficie %	Volumen (Km <sup>3</sup> )
3.750	0	-	0
3.500	2	0,1	0
3.000	8	0,4	0
2.750	10	0,5	1
2.500	36	1,7	4
2.250	95	4,6	11
2.000	227	11,0	30
1.750	302	14,7	72
1.500	415	20,2	141
1.250	572	27,8	243
1.000	720	35,0	390
750	910	44,2	590
500	1.260	61,2	858
250	1.530	74,3	1.205
0	2.058	100	1.650

## 1.2. Vegetación, suelos y erosión

Debido a las grandes variaciones que existen en altitud hay gran número de zonas climáticas con vegetación diferente, de forma más acusada en el norte, por la mayor aridez y menores pendientes del sur. La superficie cultivable es del orden del 35 % de la isla, cuya zonificación agrológica se refleja en la lámina TE-1.2.

Hay bosques de lauráceas en Anaga, La Esperanza y Teno, pinos aborígenes o repoblados en las vertientes septentrionales y meridionales entre Teno y La Esperanza. Todo el sur árido y una franja costera, que supone el 30 % de la superficie de la isla, está recubierto de plantas suculentas y espinosas. A grandes altitudes, como en Las Cañadas, sólo existen retamas.

Los suelos se han desarrollado fundamentalmente en las vertientes septentrionales más húmedas, aunque también existen en los piroclastos recientes de toda la isla. En el sur sólo aparecen en forma incipiente. Las áreas cultivadas, en especial las plataneras, se establecen sobre suelos artificiales de cenizas y arenas volcánicas.

La erosión es muy activa, por la existencia de materiales piroclásticos que son arrastrados fácilmente por las lluvias torrenciales. A gran altitud se ve fomentada por la severidad de las condiciones climáticas.



**Regiones IV y VI: San Lorenzo y Sur.** Están constituidas por la planicie de San Lorenzo, que se encuentra entre Vilaflor, el Médano y Los Cristianos, así como por las áreas en el entorno de Erque y Arico, al NW y SE, que constituyen las laderas del volcán Pre-Teide. La región de San Lorenzo está cruzada por alineaciones de volcanes de las Series III y IV, orientados en dirección NNE-SSW.

En la llanura de San Lorenzo, los barrancos son poco profundos, con una red dendrítica de drenaje, pero en las laderas de Erque y Arico, constituidas por traquitas y fonolitas del borde de la caldera, el drenaje es subparalelo, con desarrollo de profundos valles.

**CUADRO Nº 2**

Región	Zona	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Altitud media (m)	Pendiente media %	Formaciones geológicas dominantes
I - Anaga-Teno	Anaga Teno	192,8	550	25 - 30	Basaltos Antiguos. Traquilbasaltos Basaltos Antiguos. Traquilbasaltos
		85,3	600	20 - 25	
II - La Laguna	La Laguna	33,5	600	0 - 1	Sedimentos Lacustres. Basaltos Modernos
III - Nordeste	Valle de Güímar	115,0	750	20 - 50	Basaltos Modernos (Serie III). Basaltos Antiguos
	Valle de la Orotava	129,2	1.200	25 - 50	Basaltos Modernos (Serie III)
	Fasnia	156,3	900	20 - 25	Series II y III. Serie Cañadas Superior
	Tacoronte	51,5	400	5 - 10	Basaltos Modernos (Serie III)
	La Victoria	74,5	800	20 - 25	Basaltos Modernos (Serie III). Serie Traquítica
	La Esperanza	106,0	700	8 - 25	Basaltos Modernos (Serie III)
	Tigalga	36,2	900	20 - 25	Serie III. Series Cañadas Superior e Inferior
Icod	83,6	600	15 - 20	Series III y IV	
IV - San Lorenzo	San Lorenzo	293,7	350	10 - 15	Series III y IV
V - Teide-Cañadas	La Guancha	138,2	1.800	16 - 47	Serie IV
	Guía de Isora	116,3	1.000	12 - 18	Serie IV
	Las Cañadas	90,4	2.400	0 - 1	Serie IV
VI - Sur	Arico	213,5	1.400	15 - 20	Serie Cañadas Superior y Traquítica
	Erque	142,1	1.000	15 - 20	Serie Cañadas Superior e Inferior. Serie Traquítica

(En el cálculo de la pendiente media se han excluido las zonas costeras)

#### 1.4. Población

Según el censo de 1970, la población de Tenerife era de 500.381 habitantes, de los que 151.361 vivían en la capital, Santa Cruz de Tenerife. Otras poblaciones importantes son La Laguna (antigua capital), con 79.963 habitantes, Puerto de La Cruz (45.970) y La Orotava (26.846).

En dicha fecha la densidad media de la isla era de 243 habitantes por Km<sup>2</sup> y de 1.300 dentro de los límites de Santa Cruz. La población actual es de 550.000 habitantes, que en 1985 llegarán a ser 750.000 si continúa la actual tendencia demográfica.

Administrativamente la isla se divide en 31 municipios, cuyas características se recogen en el cuadro núm. 3.



CUADRO Nº 3

Término Municipal	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Altitud del núcleo (m)	Habitantes (1968)	Densidad habitantes/Km <sup>2</sup>
Adeje (1)	112,4	280	6.407	57
Arafo (8)	31,1	480	3.345	107
Arico (1)	165,0	580	5.200	31
Arona (1)	86,3	610	9.173	106
Buenavista del Norte (2)	64,8	90	4.914	76
Candelaria (8)	49,8	5	5.311	107
Fasnia (1)	60,3	450	3.034	50
Garachico (2)	28,6	10	5.217	182
<b>(1) Granadilla de Abona</b>	155,0	654	10.898	70
La Guancha (2)	21,9	501	4.379	200
Guía de Isora (1)	141,9	580	9.940	70
Güímar (8)	106,0	290	12.474	117
<b>(2) Icod de los Vinos</b>	90,4	235	18.336	203
<b>(3) La Laguna</b>	103,1	549	71.067	689
La Matanza de Acentejo (3)	17,4	520	4.323	248
<b>(5) La Orotava</b>	218,0	345	26.377	121
Puerto de La Cruz (5)	8,9	10	20.763	2.330
Los Realejos (5)	57,5	420	21.117	368
El Rosario (3)	53,2	905	15.581	293
San Juan de la Rambla (5)	23,6	40	5.139	217
San Miguel (1)	48,0	610	4.055	84
<b>(8) Santa Cruz de Tenerife</b>	137,6	4	180.666	1.310
Santa Ursula (3)	23,2	290	5.676	244
Santiago del Teide (2)	45,3	930	2.790	62
El Sauzal (3)	20,2	450	4.686	232
Los Silos (2)	25,1	200	5.421	217
Tacoronte (3)	30,2	510	12.113	401
El Tanque (2)	23,9	480	2.492	104
Tegueste (3)	24,6	390	5.175	210
La Victoria de Acentejo (3)	13,8	360	5.893	426
Vilaflor (1)	48,3	1.400	1.650	34
<b>Total o media</b>	<b>2.015,4</b>		<b>485.294</b>	<b>241</b>

(En cada término municipal se indica con un número el partido judicial correspondiente, que figura en negrita).

La población activa en 1970 era el 38 % de la total, repartida en sectores de la forma indicada:

Agricultura .....	34,3 %
Industria .....	13,0 %
Construcción .....	12,5 %
Servicios .....	40,2 %

El turismo supone del 20 al 25 % del producto regional bruto y ha aumentado espectacularmente como puede observarse en las siguientes cifras:



Año	Nº de turistas
1963	35.000
1970	300.000
1974	500.000

## 1.5. Demanda actual y futura

### 1.5.1. Usos urbanos e industriales

Se ha realizado una encuesta sobre los servicios municipales de abastecimiento de agua que ha permitido conocer el volumen distribuido durante 1974: 41 Hm<sup>3</sup>.

La mitad del total (20 Hm<sup>3</sup>) corresponde a Santa Cruz de Tenerife, donde, sin embargo, la cantidad facturada fue mucho menor (12), debido a las enormes pérdidas que se producen en la red de distribución. El reparto por conceptos es el siguiente:

	Volumen facturado (Hm <sup>3</sup> )	%
Usos domésticos	5,4	45
Usos comerciales, del Puerto y pequeñas industrias	4,2	35
Ayuntamiento y colectividades	2,4	20
T o t a l	12	100

Si del volumen distribuido se sustrae el consumo del puerto (1 Hm<sup>3</sup>) resulta para la capital una dotación bruta de 300 l/h/día (170 netos).

Para los restantes municipios, suponiendo que las pérdidas en la red sean de un 25 %, las dotaciones medias anteriores serían de 165 y 126 l/h/día respectivamente.

La utilización de agua para usos urbanos en 1985 depende fundamentalmente de los niveles de dotación demandados, ya que las predicciones de población para dicha fecha son menos inciertas. La hemos estimado entre 57 y 70 Hm<sup>3</sup>/año, bajo las siguientes hipótesis:

	Población	Dotación bruta (l/h/día)	Volumen (Hm <sup>3</sup> /año)
Santa Cruz de Tenerife	280.000	250 - 300*	26,5 - 31,5**
Municipios restantes	420.000	200 - 250	30,5 - 38,5
T o t a l	700.000	-	57 - 70

\* Para 1985, la empresa municipal espera haber eliminado el problema de las pérdidas anormales mediante la renovación de la red (Memoria de ENMASA, 1973). Las obras están ya en marcha.

\*\* Estas cifras incluyen 1 Hm<sup>3</sup> de consumo del puerto.

En cuanto a usos industriales, el único caso singular lo constituye la refinería de CEPESA, que consume 6 Hm<sup>3</sup>/año. Como el desarrollo de este sector es moderado y no se prevén complejos industriales significativos, puede admitirse razonablemente que en 1985 este tipo de consumo sea como máximo de unos 10 Hm<sup>3</sup>/año.

### 1.5.2. Usos agrícolas

La superficie de regadíos de Tenerife ha evolucionado desde 1961 como sigue (Has):

Año	Plataneras	Otros cultivos	Fuente informativa
1961	3.815	4.530	Plan de Obras Hidráulicas de la Isla de Tenerife
1969	5.546	9.048	Encuesta SPA-15
1972	5.817	28.216	Encuesta SPA-15
1974	6.140	15.994	Delegación M. Agricultura

La distribución por términos municipales y tipos de cultivos (1974) se indica en el cuadro núm. 4.

Con objeto de tener una idea lo más ajustada posible a la realidad sobre las dotaciones empleadas en el riego, se ha realizado una encuesta entre las 10 Agencias Comarcales de Extensión Agraria de la isla; en la encuesta se diferenciaron los 11 tipos de cultivo del cuadro núm. 5, solicitándose las dotaciones medias en cada comarca, así como los valores extremos. Las respuestas obtenidas (cuadro núm. 5) han cubierto los objetivos propuestos, con excepción de los conceptos "cereales, forrajeras y otras hortalizas", por lo que se han adoptado para dichos cultivos valores generalmente admitidos en los medios agronómicos locales.

Los resultados de la encuesta indican que el volumen de agua destinado al riego puede acotarse entre 200 y 130 Hm<sup>3</sup>/año (los valores mínimos no están reflejados en el cuadro), siendo 160 la cifra más probable.



CUADRO Nº 4

	Cereales	Leguminosas	Patatas	Caña de azúcar	Tabaco	Flores	Forrajeras	Tomate	Otras hortalizas	Frutales	Platanera	Totales
1. Santa Cruz de Tenerife	-	32	140	-	-	7	59	-	41	9	34	322
2. Arafo	10	-	445	-	-	2	11	16	35	99	9	627
3. Candelaria	11	8	391	-	8	4	9	40	74	74	72	691
4. Güfmar	4	-	902	-	-	24	24	305	77	303	193	1.832
5. Granadilla	11	10	661	-	-	5	23	310	74	70	-	1.164
6. Adeje	23	5	72	-	-	12	33	530	26	-	554	1.255
7. Arico	48	9	519	-	5	-	38	180	27	3	15	844
8. Arona	10	3	242	-	30	-	33	100	2	8	500	928
9. Fasnia	105	30	240	-	-	20	10	100	30	141	7	683
10. Guía de Isora	-	-	20	-	-	12	-	912	3	25	380	1.352
11. San Miguel	10	10	620	-	-	1	57	-	47	4	57	806
12. Vilaflor	227	8	250	-	-	-	-	-	19	14	-	518
13. Icod	8	4	631	-	-	1	4	1	26	367	380	1.422
14. Buenavista	-	10	15	-	-	10	-	40	3	-	400	478
15. Garachico	18	37	36	-	-	-	38	-	11	57	141	338
16. La Guancha	10	2	47	-	-	1	-	2	11	15	115	203
17. Los Silos	-	5	4	-	-	-	-	-	3	-	572	584
18. Santiago del Teide	-	-	17	-	-	-	23	80	-	11	60	191
19. Tanque	-	28	9	-	-	-	25	-	-	-	4	66
20. Orotava	160	17	440	-	50	7	34	2	27	-	700	1.437
21. Puerto de La Cruz	3	2	11	-	-	5	-	-	5	-	435	461
22. Los Realejos	280	69	960	-	120	53	34	3	57	104	362	2.042
23. S. Juan de La Rambla	7	6	95	-	-	-	6	1	7	120	43	285
24. La Laguna	140	27	351	59	30	71	74	20	188	57	949	1.966
25. La Matanza	3	13	16	-	-	12	4	4	12	-	50	114
26. El Rosario	-	-	10	-	-	-	26	1	20	4	-	61
27. Santa Ursula	10	17	86	-	-	-	29	4	17	30	33	226
28. Sauzal	33	20	75	-	-	3	119	5	13	195	25	488
29. Tacoronte	31	98	20	3	-	13	34	-	56	99	-	354
30. Tegueste	7	13	29	-	8	-	41	12	32	14	2	158
31. Victoria	24	17	32	-	-	7	5	1	2	102	48	238
T o t a l e s	1.193	500	7.386	62	251	270	793	2.669	945	1.925	6.140	22.134

Fuente: Sección de Estudios y Coordinación. Delegación de Agricultura de Tenerife.



CUADRO Nº 5

Cultivos	Has. totales en regadío		Dotaciones unitarias (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año)*				Agua aplicada (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año)			
	Zona Norte	Zona Sur	Zona Norte		Zona Sur		Zona Norte		Zona Sur	
			Medio	Máx.	Medio	Máx.	Medio	Máx.	Medio	Máx.
Cereales**	734	459	2,0	3,0	2,0	3,0	1,46	2,20	0,91	1,37
Leguminosas	385	115	1,9	4,0	2,2	4,2	0,73	1,54	0,25	0,48
Patatas	2.857	4.529	2,1	2,6	4,7	5,6	5,99	7,43	21,24	25,18
Caña de Azúcar	-	62	-	-	7,2	10	-	-	0,45	0,62
Tabaco	208	43	3,5	5,5	3,6	6,7	0,73	1,14	0,16	0,29
Flores	183	87	16,4	19,9	17,6	19,9	3,00	3,65	1,53	1,73
Forrajeras**	447	346	3,0	3,5	3,0	3,5	1,34	1,56	1,04	1,21
Tomate	95	2.574	4,4	4,9	8,6	11,6	0,42	0,46	22,16	29,99
Otras hortalizas**	470	475	4,0	4,5	4,0	4,5	1,88	2,12	1,90	2,14
Frutales	1.160	765	3,7	4,5	3,7	4,6	4,26	5,28	2,83	3,52
Plátanos	4.259	1.881	14,1	16,5	15,1	19,1	60,01	70,40	28,37	36,00
T o t a l e s	10.798	11.336	-	-	-	-	79,83	95,79	80,86	102,53

\* Las dotaciones unitarias se han obtenido ponderando las respuestas de cada Agencia con las superficies de cultivo en la comarca respectiva.

\*\* Valores estimados.

A medio plazo no cabe esperar un aumento sustancial de las superficies en riego, que en todo caso sería de cultivos estacionales, ya que las posibilidades de expansión de la platanera parecen ser ya nulas. En consecuencia, para la fijación de la hipótesis máxima se supondrá un incremento de 2.000 Has, lo que equivaldría a unos 10 Hm<sup>3</sup>/año adicionales.

### 1.5.3. Resumen

Las cifras de demanda expuestas hasta ahora pueden resumirse en el siguiente cuadro (Hm<sup>3</sup>):

Concepto	1974	1985	
		Hipótesis 1ª	Hipótesis 2ª
Usos urbanos	41	57	70
Usos agrícolas	161	161	161
Usos industriales	6	6	10
T o t a l	208	224	241



## 2. GEOLOGIA

### 2.1. Generalidades

Las islas Canarias se encuentran enclavadas en una amplia región del Globo afectada por una tectónica profunda que se relaciona directamente con la expansión del fondo oceánico y el progresivo alejamiento del continente africano respecto a la Cordillera Dorsal Atlántica; esta tectónica profunda se manifiesta tanto por la existencia de grandes fracturas regionales identificadas por métodos sísmicos, gravimétricos o paleomagnéticos\*, como por la presencia en las islas de algunas direcciones estructurales dominantes, a favor de las cuales se ha realizado una continua inyección filoniana durante la historia geológica del Archipiélago.

En las islas donde la erosión ha progresado más profundamente —La Palma, Gomera y Fuerteventura— aparece un sustrato o complejo basal de edad Pre-Miocena, constituido esquemáticamente por un núcleo de rocas granudas básicas y ultrabásicas, al que se asocia un borde periférico de lavas almohadilladas y sedimentos submarinos\*\*; el conjunto está atravesado por una malla de diques tan apretada que en ocasiones no deja ver la roca de caja. Se supone que este complejo basal existe en el subsuelo del resto de las islas, dada la presencia relativamente frecuente de enclaves de rocas análogas en diques y lavas de formaciones posteriores.

En fuerte discordancia sobre el complejo basal, se ha extendido en cada isla durante el Mioceno una formación volcánica subaérea de gran extensión y espesor, integrada en su mayor parte por coladas basálticas delgadas que se apilan e imbrican originando masas tabulares subhorizontales muy afectadas por la erosión y atravesadas por numerosos diques; sus características varían poco de una isla a otra, y representa un período de actividad, muy prolongado en el tiempo, de emisiones fisurales de lavas procedentes de un magma olivínico alcalino\*\*\*. Esta formación ha sido denominada Serie Basáltica Antigua o Serie Basáltica I, aunque incluye, asociados a ella, materiales intrusivos de naturaleza fonolítica.

Después de la emisión de la Serie Basáltica I parece haber existido un largo período de inactividad volcánica en el que se excavan importantes superficies de erosión. La reanudación de la actividad efusiva en cada isla no es sincrónica ni sigue las mismas pautas en cuanto a la naturaleza de los productos de emisión, pues mientras en unas islas continúa un vulcanismo exclusivamente basáltico (Hierro), en otras, o bien tiene lugar una marcada diferenciación de los materiales, que provoca la aparición de todos los términos de la asociación basaltos olivínicos-

---

\* Bosshard y Mac Farlane, 1970

\*\* Bravo, 1970

\*\*\* Ibarrola, 1969



traquibasaltos-fonolitas o traquitas (Tenerife y Gran Canaria), o bien se asocian basaltos olivínicos alcalinos y basaltos de carácter toleítico por procesos de contaminación (Fuerteventura y Lanzarote, Ibarrola, 1969).

Tenerife ha sido construida como consecuencia de una actividad volcánica que ha funcionado, con interrupciones más o menos largas, desde el Mioceno hasta nuestros días. Los materiales que la integran —lavas, piroclastos y elementos intrusivos (pitones y diques)— pertenecen todos ellos a la asociación de los basaltos olivínicos alcalinos y se han acumulado o inyectado para formar un relieve muy fuerte constantemente agredido por la erosión que en las épocas de inactividad efusiva desmonta parcialmente el bloque insular, formando superficies de erosión en cuyas depresiones se acumulan los materiales detríticos resultantes, recubiertos más tarde por nuevos aportes volcánicos.

Aunque parece muy probable que en el substrato se halle un Complejo Basal de características similares a los de otras islas del Archipiélago, hasta la fecha no ha sido cortado por ninguna de las numerosas y profundas galerías excavadas para captar las aguas subterráneas. La formación más antigua conocida es, pues, la Serie Basáltica I, emitida en el Mioceno y cuyos rasgos generales ya han sido descritos con anterioridad; su límite superior es una importante superficie de erosión, generalizada en toda la isla, que representa una interrupción muy larga de la actividad volcánica. Sobre la formación anterior se dispone una cobertera postmiocena relativamente delgada (300-400 m. por término medio), integrada por lavas y piroclastos basálticos, traquibasálticos y fonolíticos, que se agrupan en diversas series según su época de emisión; la actividad postmiocena se ha realizado de una forma bastante continua, lo que no impide que existan discordancias erosivas de lapso corto y extensión restringida, que unas veces separan entre sí las Series y otras son intraformacionales.

La mayor parte de las emisiones tanto miocenas como postmiocenas han tenido lugar en tres bandas estrechas que se intersectan en el centro de la isla con ángulos de  $120^\circ$  aproximadamente; estas bandas de emisión o ejes estructurales se manifiestan en superficie por una mayor concentración de conos de cinder y por ser las líneas de cumbres del relieve, mientras que en el subsuelo corresponden a zonas de intensa inyección filoniana. Los materiales extruidos buzan hacia el mar desde los ejes, por lo que, en conjunto, muestran una estructura de tendencia periclinal que coincide, a grandes rasgos, con la forma del relieve.

## 2.2. Estratigrafía

Tenerife es posiblemente la isla en donde mayores dificultades se encuentran para establecer una división bien definida, pues en ella han alcanzado un desarrollo máximo los episodios de naturaleza fonolítica e intermedia y se han imbricado repetidamente con la actividad basáltica; la ausencia de niveles-guía litológicos y de discordancias erosivas generalizadas dentro del volcanismo postmioceno, así como la aparente dispersión de los centros de emisión, obstaculiza en grado sumo la labor de correlacionar entre sí formaciones litológicamente similares, en el caso de que no estén conectadas espacialmente.

No obstante, los rasgos estratigráficos generales han sido fijados por Fúster et al. (1968), quienes basándose sobre todo en la aparición y extinción de las fases más ácidas, establecen la siguiente sucesión, de más moderna a más antigua:



- Series Recientes      Serie Basáltica IV  
Complejo Teide - Pico Viejo
- Serie Basáltica III
- Series Traquítica y Traquibasáltica
- Serie Cañadas      Superior  
   Inferior
- Serie Basáltica Antigua      Serie II  
   "Fanglomerado" de Bravo  
   Serie I
- Posible basamento plutónico

El esquema que se sigue aquí difiere del anterior en el tratamiento dado a las Series Basálticas I y II, que Fúster et al. (1968) incluían indiferenciadamente dentro de la Serie Basáltica Antigua, pero que se han separado por las siguientes razones:

- Cronológicamente existe entre ambas una fuerte discordancia erosiva visible sólo en el subsuelo pero que, en realidad, es la única discordancia generalizada de la isla; además, los datos de edades absolutas (Watkins, 1973) revelan una edad miocena para la Serie I, mientras que la Serie II pertenece al Plioceno Superior.
- Genéticamente la Serie II se imbrica, en sus últimas manifestaciones con los primeros episodios traquibasálticos atribuidos a la Serie Cañadas Inferior; al mismo tiempo, su génesis está directamente relacionada con los mismos fenómenos volcanotectónicos que han determinado, a nuestro juicio, la existencia de un volcanismo postmioceno protagonizado por las manifestaciones intermedias (traquibasaltos) y sálicas (fonolitas y traquitas).
- Hidrogeológicamente ambas series difieren notablemente en su comportamiento: grado de compactación, densidad de la red filoniana, intensidad de la alteración, abundancia de fisuras secundarias, etc.

En lo que se refiere al resto de las unidades, respetamos a efectos descriptivos el esquema de Fúster et al. (1968), poniendo de relieve la extrema imbricación en el espacio y en el tiempo de los materiales basálticos, traquibasálticos y fonolíticos que, con frecuencia, hacen irreconocible el concepto de "Serie".

La importancia relativa de cada una de las series se pone de manifiesto en el cuadro núm. 6, su cartografía en la lámina TE-2.1. y dos cortes hidrogeológicos típicos en la lámina TE-2.2.

## 2.3. Descripción de las Series

### 2.3.1. Serie Basáltica I

#### Generalidades

Es la formación visible más antigua y, aunque su límite inferior es desconocido, los datos de otras islas del Archipiélago permiten suponer que se tratará del Complejo Basal. El límite superior es una superficie de erosión muy marcada, formada por barrancos y crestas de tendencia radial, recubierta en la mayor parte de la isla por formaciones posteriores.



CUADRO Nº 6

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Superficie de afloramientos (km <sup>2</sup> )	300	120	100	20	150	100	25	800	90	125
Superficie en el subsuelo (Km <sup>2</sup> )	1.800	600	300	100	250	300	35	850	200	125
Espesor mínimo	1.000	400	60	100	150	100	150	100	150	50
Volumen aproximado (km <sup>3</sup> )	1.300	240	20	10	38	30	5	85	30	6

1) - Serie Basáltica I  
 2) - Serie Basáltica II  
 3) - Serie Cañadas Inferior básica  
 4) - Serie Cañadas Inferior sálica  
 5) - Serie Cañadas Superior  
 6) - Traquibasaltos  
 7) - Traquitas  
 8) - Series Basálticas III y IV  
 9) - Complejo Teide - Pico Viejo (traquibasaltos)  
 10) - Complejo Teide - Pico Viejo (fonolitas)

Esta Serie forma en el subsuelo un bloque continuo que reproduce, a grandes rasgos, la topografía de la isla, ocupando más de 2/3 del volumen de ésta. No obstante, las dimensiones originales debieron ser muy superiores si se tiene en cuenta la gran cantidad de diques que quedan cortados por la superficie de erosión.

Su formación tuvo lugar en un intervalo de tiempo muy dilatado, en donde se sucedieron innumerables emisiones fisurales de magmas basálticos, con productos poco diversificados desde el punto de vista petrográfico y geoquímico (Ibarrola, 1969). Las emisiones tuvieron carácter tranquilo, predominando ampliamente las coladas sobre los piroclastos y se produjeron siempre en un relieve ya emergido previamente.

Los conductos de emisión (diques) han sido puestos al descubierto por la erosión o bien se observan en las galerías en donde se han cartografiado más de ocho mil diques. Sus direcciones concuerdan con la tectónica global de esta región del Atlántico y se distribuyen por todo el ámbito de la formación, con una densidad más elevada en los ejes estructurales que pone de manifiesto el funcionamiento de éstos en toda la historia geológica de la isla y explica la similitud entre el relieve de la Serie I y el actual, la tendencia periclinal en el buzamiento de las coladas y el aumento de espesor hacia la zona de intersección de ambos ejes.

La actividad extrusiva ha experimentado ocasionalmente interrupciones locales y no son raras, pues, las discordancias intraformacionales, pero su importancia desde el punto de vista hidrogeológico es muy relativa por no implicar un cambio en los caracteres morfoestructurales de las rocas supra y subyacentes.

### Materiales Constituyentes

**Lavas:** Basálticas tipo "aa", con predominio de la zona compacta sobre las escorias de base y techo; localmente, tipos "pahoe-hoe". Individualmente poseen una anchura media de



500-1.000 m. y un espesor de 1-4 m. Sus caracteres morfoestructurales primarios están enmascarados por intensos procesos secundarios (alteración, fisuración, etc).

**Piroclastos:** Con respecto a las coladas, ocupan un volumen de 15-20 %. En general, forman mantos de algunos Km. de extensión con espesores de 0,2-2 m, integrados por fracciones tipo lapilli que se adaptan al relieve anterior, suavizándolo. En algunos casos constituyen conos de cinder, fosilizados por coladas de la misma Serie y que en ocasiones se anastomosan con otros próximos para formar masas muy voluminosas, donde ya no se distinguen los rasgos individuales de cada cono (eje longitudinal del macizo de Anaga).

**Intercalaciones:** Acarreos de barranco, piedemontes y depósitos lacustres, que se localizan generalmente sobre pequeñas superficies de erosión intraformacionales; más importantes hidrogeológicamente son los paleosuelos, que alcanzan extensiones de algunos Km. y cuya naturaleza arcillosa los convierte en horizontes impermeables.

No hay intercalaciones de piroclastos sálicos, tan comunes en las formaciones postmiocenas.

### 2.3.2. Formaciones brechoides de la base de la Serie II

#### Generalidades

Se agrupan aquí un conjunto de formaciones fragmentarias de origen diverso, y en ocasiones controvertido, que tienen el común denominador de situarse estratigráficamente sobre el paleorelieve de la Serie I y bajo las series volcánicas postmiocenas, al mismo tiempo que presentan una textura constituida por grandes fragmentos angulosos y subredondeados que se empastan en una matriz arcillosa o arcillo-arenosa.

Su importancia hidrogeológica radica en que es el único horizonte impermeable extenso de la isla; incluso en zonas donde existen macrofisuras que drenan el agua hacia niveles más bajos, su asociación con la red de diques permite el emplazamiento de numerosos acuíferos colgados.

Prescindiendo de los depósitos de piedemonte y del resto de las formaciones detríticas que acompañan a toda superficie de erosión, y que sólo tienen una importancia local por formar masas desconectadas unas de otras, estas brechas se localizan en dos zonas bien diferenciadas y, en principio, sin conexión espacial entre ellas:

- Sector Norte
- Sector Dorsal

#### Sector Norte

Es la masa más importante y ha sido descrita por Bravo (1962) con el nombre de "fanglomerado" o "mortalón". Se emplaza en el sector del subsuelo comprendido, a grandes rasgos, entre la pared E del macizo de Tigaiga y la pared W del valle de La Orotava; hacia el N llega por lo menos hasta la línea de costa, en donde aflora en un punto muy reducido, y hacia el S es probable que se vaya adelgazando progresivamente hasta acuñarse sobre el paleorelieve de la Serie I a una cota aproximada de 1.200-1.300 m.



Su superficie es un plano inclinado suavemente hacia el mar ( $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$ ), surcado por una red de barrancos poco desarrollada en donde suelen acumularse depósitos de coluvión o de piedemonte y que también sirven de cauce a las aguas que se infiltran a través de la cobertera postmiocena. Su espesor es desconocido, aunque puede superar los 100 m. en algunos puntos.

Esta masa, en general homogénea, está integrada por fragmentos de un diámetro medio que oscila entre 1 m. y fracciones tipo arena y arcilla, aunque ésta última parece estar originada por alteración de los materiales más finos; todos estos elementos se disponen habitualmente en forma masiva, es decir, sin selección ni gradación, pero hacia el techo se distinguen niveles de granulometría más homogénea, algunos de los cuales parecen ser cineríticos. En esta zona alta también existen algunas coladas traquibasálticas intercaladas, que indican una génesis en varias fases.

La naturaleza de los cantos es muy variada: predominan los basaltos, seguidos de traquibasaltos, fonolitas y rocas granudas.

La red filoniana y la macrofisuración son casi inexistentes, como consecuencia de extenderse en zonas alejadas de los centros de emisión postmiocenos, pero hay otras transformaciones (trituration de las intercalaciones traquibasálticas, estiramiento de cantos, presencia de numerosos espejos de falla de reducidas dimensiones) que evidencian que esta formación relativamente plástica ha sufrido desplazamientos tangenciales en masa, de carácter gravitacional, provocados por su situación inestable sobre una superficie inclinada (paleorelieve de la Serie I); a esto hay que añadir la inestabilidad adicional que suponen los grandes volúmenes de rocas postmiocenas apoyadas sobre ella mediante contactos que buzan hacia el mar.

En lo que respecta a su origen, todos los indicios tienden a apoyar una génesis explosiva, como postula Bravo (1962).

### **Sector Dorsal**

En el subsuelo de la Cordillera Dorsal hay un depósito análogo al anterior en los caracteres texturales y de composición y en la posición estratigráfica que ocupa. Su importancia hidrogeológica como horizonte impermeable es menor por las discontinuidades espaciales debidas a la erosión y por las numerosas macrofisuras que drenan el agua verticalmente; no obstante, su presencia posibilita el emplazamiento de importantes acuíferos que quedan limitados por los diques.

Cubre las vertientes N y S del paleorelieve de Serie I y, aunque con discontinuidades, se extiende en el subsuelo hasta límites no muy alejados probablemente de la línea de costa actual. Su espesor medio puede estimarse en 50-60 m; la inclinación hacia el mar, en ambas vertientes, es de  $8^{\circ}$  -  $10^{\circ}$ .

Lo dicho para la formación del sector Norte en lo que concierne a constitución, alteración y compactación, es válido también aquí con ligeras diferencias. Sin embargo, la red de diques y macrofisuras está mucho más apretada como consecuencia de su emplazamiento en el dominio del eje estructural Cañadas-Anaga; los valores numéricos y pautas de variación de dicha red son idénticos a los observados en la Serie Basáltica II, por lo que no se detallan.

Su génesis es también explosiva, pero no parece corresponder al mismo centro que el sector Norte, dada su distribución espacial.



### 2.3.3. Serie Basáltica II

#### Generalidades

Esta serie, que en unión de la Serie I se había venido incluyendo en la Serie Basáltica Antigua por ausencia de discordancia visible en superficie, está netamente separada de aquella en el subsuelo, tanto por las Formaciones Brechoides como por una superficie de erosión muy acentuada.

Su génesis está relacionada directamente con la reactivación, a finales del Plioceno, de los ejes estructurales en que se concentraron las emisiones de la Serie I; a favor de dichos ejes se produjo una continua apertura de fisuras de tensión por las que ascendía el magma basáltico, derramándose indistintamente hacia una u otra vertiente del paleorelieve de la Serie I.

Las emisiones se sucedieron con escasas y cortas interrupciones, produciéndose un apilamiento de coladas escoriáceas que da relieves bastante similares a los de la Serie I.

El límite superior está peor definido, pues a partir de cierto momento los materiales basálticos comienzan a imbricarse gradualmente con los traquibasaltos atribuidos a la Serie Cañadas Inferior.

#### Materiales Constituyentes

**Lavas:** Basáltica tipo "aa" y "pahoe-hoe"; en las primeras se equilibran los volúmenes de zona compacta y zona escoriácea. Individualmente, y dada la fuerte pendiente sobre la que se han derramado, alcanzan longitudes de hasta 25 Km, mientras que en anchura no sobrepasan los 2 Km. Sus caracteres morfoestructurales primarios están bien conservados, con excepción del núcleo de los ejes estructurales.

**Piroclastos:** Muy poco abundantes en general y sólo moderadamente abundantes en la proximidad de las zonas de emisión (15-20 % del volumen total), con fracciones tipo cínider. Los mantos de lapilli alcanzan mayor dispersión, con espesores de 0,2-2 m.

**Intercalaciones:** Algunos paleosuelos y depósitos de piedemonte, pero infrecuentes y casi exclusivos de zonas alejadas de los centros de emisión. No hay mantos de piroclastos sálicos.

### 2.3.4. Serie Cañadas

#### Generalidades

Incluye rocas de todos los tipos litológicos, aunque con predominio de traquibasaltos y fonolitas; éstas últimas son características de la porción central de la isla, donde están cortadas por la pared de Las Cañadas, y parecen haberse emitido en tres períodos diferentes de actividad, a los que Araña (1971) denomina "episodios sálicos", sirviéndose de ellos como niveles-guía en la columna estratigráfica de la porción central, aunque dentro de cada episodio existen intercalaciones traquibasálticas y basálticas similares, si bien menos voluminosas, a las que separan los episodios sálicos entre sí.



No hay discontinuidad lito o cronológicamente entre esta Serie y la Serie II, sino que a partir de cierto momento comienzan a extruirse, en ciertos sectores de los ejes estructurales, lavas más diferenciadas que se imbrican con los episodios basálticos.

Tampoco hay discontinuidades que separen la Serie Cañadas Inferior de la Superior, ya que ésta se refiere sobre todo al período de mayor desarrollo de los episodios fonolíticos en la región central, sin implicar cese de la actividad traquibasáltica o basáltica a lo largo de los ejes estructurales.

Las mismas consideraciones anteriores son válidas para la separación entre Serie Cañadas y Serie Traquítica y Traquibasáltica.

Los tipos de emisión son distintos según se trate de basaltos y traquibasaltos o de fonolitas. Los primeros se extruyen por emisiones fisurales análogas a las de la Serie II, con un carácter ligeramente explosivo que provoca una acumulación de piroclastos gruesos en la proximidad inmediata de la fisura y dispersión de las fracciones finas en un radio de varios Kms. en las fonolitas la explosividad aumenta considerablemente y se traduce en un mayor volumen de piroclastos (pómez), que se alejan a grandes distancias (hasta 30 Km), y en la aparición de tipos ignimbríticos.

Por otra parte las emisiones fonolíticas tienen carácter diferente según el sector de los ejes estructurales en que se produzcan y según la época. En efecto, a distancias moderadas de la zona de intersección de los ejes, o en ella misma, en ciertas épocas, los conductos de emisión se ciñen al ámbito y a la dirección de dichos ejes y puede hablarse, por tanto, de emisiones fisurales; pero en las fases en que la actividad fonolítica es más intensa (Serie Cañadas Superior), el gran volumen de magma fonolítico que se emplaza en niveles relativamente próximos a la superficie determina una tendencia al volcanismo central, con aparición de diques radiales, sills y cone-sheets.

Dentro de la Serie hay discordancias erosivas de lapsus corto e importancia muy local; en realidad, la actividad volcánica no ha cesado en ningún momento, aunque sí haya experimentado desplazamientos en el espacio y variaciones en la intensidad.

### **Materiales Constituyentes**

**Lavas basálticas:** De tipo "aa" con 50 % de zona compacta. Longitud de hasta 15 Km., anchura media de 1-1,5 Km. y espesor medio de 1-3 m. Su volumen en la Serie está en proporción de 1 a 5 con respecto a los traquibasaltos.

**Piroclastos basálticos:** Muy poco frecuentes, con caracteres análogos a los de la Serie II. Sólo en pocos casos se trata de mantos extensos y delgados de lapilli.

**Lavas traquibasálticas:** De tipo "aa", con 25-40 % de zona compacta. Longitud de hasta 12 Km, anchura media 1-2 Km, espesor medio 2-4 m.

**Piroclastos traquibasálticos:** Muy poco abundantes y sólo en las proximidades del centro de emisión, sin formar mantos de fracciones finas.



**Lavas fonolíticas:** Coladas viscosas de hasta 10 Km. de longitud y 3-4 de anchura, pero en general cortas. Espesor medio de 10-20 m. que a veces llega a 80 m. Brecha basal de 0,2-0,6 m.

**Tobas soldadas fonolíticas (eutaxitas):** Mantos de 2-10 m. de espesor, muy extensos y continuos. Su proporción es muy reducida, con respecto a las lavas.

**Depósitos pumíticos:** Se describen más adelante por constituir una formación muy desarrollada en el Sur.

**Intercalaciones:** Niveles pumíticos muy frecuentes en todos los niveles de la Serie; forman mantos muy extensos de 0,5-2 m. de potencia media. Acarreos de barranco, piedemonte y paleosuelos, más frecuentes todos ellos según aumenta la distancia a las zonas de emisión.

### 2.3.5. Serie Traquítica y Traquibasáltica

#### Generalidades

Agrupa un conjunto de lavas traquibasálticas cuyos centros de emisión se dispersan a lo largo de los ejes estructurales y algunos domos exógenos traquíticos o fonolíticos situados en zonas muy alejadas de los ejes.

No hay discontinuidad litológica o genética que justifique su distinción con respecto a otros traquibasaltos incluidos en la Serie Cañadas; por otra parte, aunque algunas de las lavas de esta serie se apoyan en fonolitas de la Serie Cañadas, es muy probable que sean anteriores al "tercer episodio sálico" de Araña (1971) que se incluye en Serie Cañadas, y también hay imbricación con coladas basálticas de Serie III.

#### Materiales Constituyentes

**Traquibasaltos:** Idénticos a los de la Serie Cañadas.

**Traquitas:** Domos exógenos muy viscosos que originan coladas cortas (3 Km), anchas (2 Km) y potentes (150 m).

**Intercalaciones:** Igual que en la Serie Cañadas.

### 2.3.6. Series Basálticas III y IV

#### Generalidades

Agrupar materiales basálticos muy dispersos cronológica y espacialmente, con centros de emisión bien conservados.

Sus emisiones más antiguas son, sin duda, contemporáneas de la Serie Cañadas, dadas las numerosas intercalaciones de mantos pumíticos, y las últimas se han producido en fechas históricas.



La génesis de estos basaltos está relacionada también con los ejes estructurales, en cuyos extremos tienden a concentrarse formando campos de volcanes muy característicos.

#### **Materiales Constituyentes**

**Lavas:** De tipo "aa" con ligero predominio de la zona compacta (60 %) sobre las escorias de base y techo (40 %); espesor medio de 1,5-3 m.

**Piroclastos:** En proporción de 20-25 % con respecto a las coladas. Forman conos de cinder de morfología bien conservada, con dimensiones medias de 1.000-2.000 m. en el diámetro basal y 70-150 m. en altura; las fracciones finas suelen formar mantos delgados de 10-20 Km<sup>2</sup> de extensión.

**Intercalaciones:** Muy frecuentes los paleosuelos y los mantos de pómez y lapilli.

### **2.3.7. Complejo Teide - Pico Viejo**

#### **Generalidades**

Se trata de una formación esencialmente traquibasáltica emitida en época reciente a partir de dos centros principales situados en la depresión de Las Cañadas; estos centros son dos grandes estratovolcanes cuyos materiales rellenan parcialmente la citada depresión y se derraman por el N, hasta el mar. Los últimos materiales son de naturaleza traquítica y fonolítica y han surgido de fisuras radiales emplazadas en la periferia de los estratovolcanes.

#### **Materiales Constituyentes**

**Lavas traquibasálticas:** En algunos casos son "pahoe-hoe" pero, por lo común, pertenecen al tipo "aa", con coladas de 0,5-1,5 m. de potencia en donde predominan las escorias de base y techo; estas mismas lavas aumentan de espesor conforme disminuye la pendiente topográfica, lo cual sucede al alejarse del dominio de los estratovolcanes, disminuyendo paralelamente la proporción de escorias y pasando gradualmente a formas más próximas a las lavas "en bloques".

**Lavas fonolíticas:** Dada su modernidad, conservan perfectamente los rasgos morfológicos originales. Son coladas "en bloques" de hasta 60 m. de espesor que han podido, a veces, alejarse considerablemente del centro de emisión a causa de la fuerte pendiente, que contrarresta su elevada viscosidad; en este caso pueden alcanzar 12-14 Km. de longitud, con una anchura media de 1 Km. Si la fisura de emisión se abre en una zona subhorizontal, la lava no puede alejarse mucho y se originan domos exógenos de hasta 150 m. de espesor.

**Piroclastos:** Muy reducidos en volumen y asociados a los domos exógenos traquíticos, en cuyo entorno se disponen como mantos de pómez.



## 2.4. Estructura

### Generalidades

El relieve de Tenerife tiene una forma que, a grandes rasgos, se puede asimilar a una pirámide de base triangular y vértice en el Pico del Teide, a casi 4.000 m. de altitud; las aristas mejor marcadas (dorsales topográficas) son la NE y la NW, mientras que la S está más redondeada. Esta disposición general no es en modo alguno casual sino que responde a una acumulación de los centros de emisión en dichas aristas, con el consiguiente crecimiento del relieve en estos sectores. Las caras de la pirámide tienen tendencia cóncava y ven interrumpida su regularidad por algunos grandes valles de fondo plano y laderas escarpadas, mientras que el vértice está parcialmente truncado por una depresión semicircular.

La arquitectura de la isla sigue unas pautas relativamente sencillas: un apilamiento de materiales volcánicos, angularmente concordantes por lo general, que buzan hacia el mar desde las aristas de la pirámide, de forma que el plano vertical que pasa por cada una de las aristas es un plano de simetría.

Aunque existe una tectónica de gran escala relacionada con la expansión del fondo oceánico, no hay deformaciones tales como pliegues o grandes fallas; las discontinuidades quedan reducidas a discordancias erosivas originadas en períodos de inactividad efusiva y a una serie de fracturas abiertas ligadas al fenómeno de la penetración filoniana.

### Ejes estructurales

Con el nombre de ejes estructurales se hace referencia a unas franjas más o menos estrechas en donde se han sucedido la mayor parte de las emisiones volcánicas de la historia geológica de la isla (Navarro, 1974); corresponden a grandes fracturas de tensión que afectan tanto a la corteza oceánica como a la parte superior del manto, permitiendo la fusión, ascenso y emplazamiento, en niveles relativamente superficiales, de magma procedente del manto superior.

En superficie se manifiestan por ser las líneas de cumbres del relieve y por localizarse en ellos la mayoría de los conos de cínider recientes, que además se alinean en la dirección del eje. Las investigaciones del subsuelo revelan la presencia de elevadas concentraciones de diques subverticales, hecho inferido por Mac Farlane y Ridley (1968) a partir del estudio de las anomalías gravimétricas; la red filoniana, que en cada eje pertenece mayoritariamente a la familia orientada paralelamente a él, decrece con rapidez en densidad al alejarse del núcleo: en el nivel estratigráfico de la Serie II, por ejemplo, hay un dique cada 20-25 m. en una banda central de 2 Km, mientras que a 3-4 Km. de ella solamente existe un dique cada 300-400 m. e incluso desaparecen a distancias de 6-7 Km.

Cuanto más profundo es el nivel estratigráfico, más ancha es la zona afectada por la intrusión y mayor la densidad de la red; así, en la Serie I se alcanzan valores medios de un dique cada 4-5 m, e incluso podría llegarse a la desaparición de la roca de caja.

En Tenerife existen tres ejes estructurales que confluyen en el centro de la isla con ángulos aproximados de 120°, disposición que parece condicionar la litología de los materiales emitidos: dentro de la misma fase de actividad son progresivamente más ácidos y alcalinos cuanto más próximo a la confluencia de los ejes se encuentra el punto de emisión; así, en los extremos



sólo se extruyen basaltos, mientras que en las porciones medias hay tanto basaltos como traqui-basaltos y, finalmente, en la intersección predominan ampliamente las fonolitas sobre los traqui-basaltos y basaltos, siendo estos últimos mucho menos importantes en volumen.

La importancia como vía de emisión, así como la continuidad de su funcionamiento a lo largo de la historia geológica, son diferentes en cada eje. El más importante y continuo parece ser el Cañadas-Anaga, seguido por el Cañadas-Teno, que también ha tenido una notable persistencia a lo largo del tiempo; por último, el Cañadas-Adeje ha estado inactivo al comienzo del volcanismo postmioceno, para volver a funcionar durante la Serie III.

### **Diques**

Los diques son los conductos de emisión del magma y, como ya se dijo en el apartado anterior, tienden a agruparse en los ejes estructurales.

Los correspondientes a las formaciones post-Miocenas no son visibles, salvo excepciones en superficie, por lo que deben ser controlados en las galerías; no obstante, su existencia puede deducirse en algunos casos por alineaciones de conos de cinder. Por el contrario, una gran parte de los correspondientes a la Serie I quedan cortados por la superficie actual del relieve en los afloramientos de Teno, Anaga y Adeje, en donde se ofrece un espléndido muestrario de la diversidad de sus caracteres morfoestructurales.

En general muestran una estructura tabular, con los contactos netos y paralelos, y una distribución simétrica sobre el plano central: bordes vítreos de enfriamiento rápido, con algunas vacuolas, y zona central más compacta y cristalina. Las fisuras de retracción siguen la misma simetría: un fino diaclasado paralelo a los contactos, que afecta a los bordes enfriados, y una amplia zona central de diaclasado prismático perpendicular al anterior, con el diámetro de los prismas proporcional al espesor del dique; en ocasiones no existe prismación, sino sólo un lajeado paralelo a los bordes que afecta a la totalidad del dique, circunstancia que parece deberse más al tipo de emisión que a factores de composición.

Las transformaciones que producen en la roca de la caja dependen, sobre todo, de su espesor, pero en general son poco importantes: débil fracturación y ligero metamorfismo térmico que no sobrepasa algunos centímetros.

Su longitud es del orden de algunos kms. y no se han registrado dimensiones que excedan los 10 kms; la anchura está relacionada con la litología y sus valores más frecuentes son: 0,5 - 1,5 m. en los diques basálticos, 0,5 - 2 m. en los traquibasálticos, y 1 - 3 m. en los fonolíticos.

Su papel hidrogeológico es variable, actuando en unos casos como barreras impermeables y en otros como elementos de drenaje hacia niveles más bajos; por el momento no pueden establecerse leyes que permitan predecir este comportamiento.

### **Fisuración secundaria**

La fisuración secundaria está relacionada muy directamente con la intrusión filoniana y responde, en esencia, a dos tipos que aparecen simultáneamente.



Por una parte hay macrofisuras, que son grandes fracturas abiertas subverticales, dispuestas paralelamente a la familia de diques que predomina en cada eje estructural. La densidad de su red varía proporcionalmente a la densidad de la red filoniana, con unas frecuencias medias de aparición que oscilan entre el 2 % y 5 % del total de diques; la amplitud de la separación entre bordes es, por lo común, de unos centímetros, pero llega a alcanzar hasta 1 m. Su génesis radica en los mismos esfuerzos de tensión responsables de la inyección filoniana, pero mientras que en éstos hay un proceso de fracturación que se inicia en niveles muy profundos, y va ascendiendo hacia la superficie de manera progresiva, simultáneamente con la intrusión del magma, el caso de las fracturas abiertas es un fenómeno que sólo afecta a la parte superior de la corteza.

Las **microfisuras** son planos de discontinuidad de reducidas dimensiones, distribuidos en todas las direcciones del espacio según la red apretada que fragmenta el material en poliedros de algunos centímetros de diámetro medio. Su génesis se debe en ocasiones al peso de la columna suprayacente pero, con mucha más frecuencia, es consecuencia de la compresión ejercida por el magma al hacer intrusión, por lo que es más intensa en el núcleo de los ejes estructurales; sus efectos se superponen a discontinuidades primarias tales como la disyunción columnar, el "grano de millo", etc.

### **Fallas**

Aunque estos fenómenos tectónicos han sido invocados repetidamente en la literatura geológica para explicar algunos aspectos de la geología insular, las evidencias obtenidas de la inspección directa del subsuelo revelan una ausencia sistemática de fallas de gran rango.

No obstante, son relativamente frecuentes pequeñas fallas de salto reducido (no superior a 1 - 2 m); su existencia está asociada a materiales antiguos que han experimentado una fuerte compactación por lo que deben interpretarse como fenómenos de reajuste volumétrico de importancia muy local.

### **Disposición de las unidades estratigráficas**

La ausencia de fenómenos tectónicos (pliegues y grandes fallas) que no sean los puramente volcánicos, y el hecho de haberse concentrado la actividad efusiva en los ejes estructurales, con el subsiguiente crecimiento del relieve en dichas zonas, determina que la disposición de las unidades estratigráficas siga un modelo sencillo. Hay pues, tres ejes o espinas dorsales que confluyen en el centro de la isla, desde los que parten divergentemente la totalidad de las formaciones, lo que determina una tendencia periclinal muy acentuada con buzamientos medios de 4° - 6°.

El núcleo de cada eje es un plano de simetría; dentro de cada formación hay unas tendencias generales de variación según aumenta la distancia al núcleo.

### **Discordancias**

No se han producido en Tenerife movimientos tectónicos que hayan desplazado los materiales de su posición original y, en consecuencia, las únicas discordancias observables son las debidas a la erosión.



Todo período de inactividad efusiva en el bloque emergido se traduce en una destrucción parcial del relieve preexistente, fenómeno que será tanto más intenso cuanto más accidentada sea la superficie y mayor el intervalo de tiempo transcurrido; no obstante, es característico del fenómeno volcánico que la actividad no se produzca de manera constante ni afecte a la totalidad de la superficie, por lo que es muy frecuente encontrar amplias zonas que no han recibido aportes efusivos en largos períodos de tiempo, aún cuando en áreas próximas sí haya habido volcanismo continuado. De esta forma se producen las numerosas discordancias locales que se observan en todas las series estratigráficas, las cuales contribuyen a complicar el problema de las correlaciones, ya de por sí complejo en unos materiales en que tan infrecuentes son los niveles-guía.

La única discordancia generalizada en la isla es la que existe entre la Serie I y las series post-Miocenas y su valor hidrogeológico es muy importante por cuanto que el lapso de tiempo transcurrido ha permitido a la erosión exhumar niveles profundos, en donde la densidad de la red filoniana y el grado de compactación son elevados, lo que contrasta con las características de las formaciones post-Miocenas. Esta discordancia señala, pues, un cambio notable en los materiales que repercute en el comportamiento de las aguas subterráneas.

#### **Valles y escarpes morfológicos**

La mayor parte de la red de drenaje de la isla corresponde a barrancos muy encajados por donde circula agua sólo en la época de lluvias abundantes; en contraste con ello hay, sin embargo, un cierto número de grandes valles (La Orotava, Icod, Güímar) dotados de una morfología muy característica: su fondo es un plano inclinado suavemente hacia el mar y las paredes laterales forman bruscos escarpes de traza rectilínea que se van separando progresivamente hacia la cabecera, la cual se dispone como un amplio circo groseramente semicircular.

Aunque algunos autores los han considerado como fosas de hundimiento (Hausen, 1956), las investigaciones del subsuelo demuestran una continuidad ininterrumpida de las formaciones estratigráficas en profundidad; su origen se atribuye a un mecanismo habitual en islas volcánicas, es decir, al deslizamiento gravitacional de grandes masas de terreno, especialmente cuando concurre la circunstancia de existir en su subsuelo un material plástico, como es el que integra las "Formaciones brechoides de la base de la Serie II", en el que existen además huellas de estos desplazamientos, como ya demostró Bravo (1962).

#### **La depresión de "Las Cañadas"**

Probablemente, el problema más antiguo y controvertido de la geología de Tenerife es el del origen de la amplia depresión semicircular situada en la zona central de cumbres; esta depresión tiene un diámetro máximo de unos 20 kms. y está flanqueada hacia el sur por fuertes escarpes, mientras que la porción septentrional desaparece bajo los grandes estratovolcanes del Teide y el Pico Viejo, que recubren su fondo primitivo.

La imposibilidad de observar directamente las relaciones espaciales que existen entre la pared y el fondo, motiva que los numerosos autores que han tratado el tema invoquen para su génesis todos los mecanismos clásicos posibles, es decir: explosión, hundimientos, erosión y distintas combinaciones de los anteriores. Descartando una mera explosión, puesto que no existe la brecha correspondiente al enorme volumen vaciado, las opciones más fundadas son las que



defienden Bravo (1962), partidario de una erosión como la que ha formado la Caldera de Taburiente en La Palma, y Araña (1971), que basándose en complejas pero interesantes consideraciones, postula un colapso brusco retocado posteriormente por la erosión.

## 2.5. Prospección Geofísica

El objeto de este reconocimiento fue comprobar las posibilidades de los métodos geoelectrico y de refracción sísmica en la cartografía de estructuras útiles en las investigaciones de agua subterránea.

Estas prospecciones se realizaron en la parte inferior del valle de Güímar en 1971/72, sobre una extensión de unos 8 Km<sup>2</sup>, compuesta superficialmente por una cobertera de materiales aluviales y Basaltos Recientes, que descansa sobre los Basaltos Antiguos de la Serie II.

En total se realizaron 64 sondeos eléctricos, situados en tres perfiles paralelos a la costa, con líneas de emisión AB hasta de 1.600 m. La interpretación teórica de estos sondeos puso de manifiesto las siguientes capas, de techo a muro:

- Capa resistiva - 2.000 a 3.000 ohmios-m. con una potencia de 20 a 50 m.
- Capa conductiva - 100 a 200 ohmios-m. con un espesor de 20 a 50 m.
- Capa resistiva - 600 a 1.000 ohmios-m. con una potencia de 50 a 150 m.
- Capa conductiva - 40 a 100 ohmios-m.

Por este método se han identificado tres valles enterrados y una posible falla perpendicular a la costa. Las investigaciones hidrogeológicas parecen confirmar la existencia de al menos dos de estos valles enterrados. Sin embargo, no se dispone todavía de una confirmación directa de la existencia de estas estructuras.

Parte del tercer nivel antes citado y todo el cuarto nivel, están bajo la zona saturada. La conductividad relativamente alta de la cuarta capa se puede interpretar como debida a la presencia de una interfaz de agua de mar en esta zona. Su amplia extensión bajo el nivel del mar puede indicar la existencia de una gran zona de difusión.

La prospección sísmica consistió en tres implantaciones de un kilómetro a lo largo de un perfil. La interpretación de dromocrónicas ha puesto de manifiesto dos niveles diferentes:

- Una cobertera donde la celeridad es de 1 a 2 Km/seg.
- Una capa profunda con velocidad de 1 - 4 Km/seg.

El techo de la segunda capa se corresponde probablemente con el techo del segundo potente paquete resistivo detectado en la prospección geoelectrica.

Los resultados detallados de la prospección se recogen en el "Informe sobre los trabajos de prospección geofísica realizados en la zona de Candelaria - Güímar". (Servicio Geológico de Obras Públicas. 1972).



### 3. HIDROLOGIA

#### 3.1. Climatología y meteorología

##### 3.1.1. Características climáticas medias

En función de la altitud se pueden distinguir tres zonas climáticas: inferior a 500 m, entre 500 y 1.500 m. y superior a 1.500 m.

**Zona Inferior** - Clima subtropical seco, con temperatura media anual entre 18°C y 22°C y pluviometría baja, comprendida entre 100 y 500 mm. La franja costera sur presenta condiciones áridas pronunciadas.

**Zona Intermedia** - Tiene temperaturas medias anuales más bajas (de 12 a 16°C) y precipitaciones más altas (de 500 a 1.000 mm). Esta zona está afectada generalmente por el "mar de nubes", asociado con los vientos alisios en el verano. El nivel de inversión térmica, que se encuentra en la parte superior de esta zona, ocasiona cambios bruscos de temperatura y humedad.

**Zona Superior** - Tiene un clima extremo, con temperaturas medias anuales aún más bajas (de 10 a 18°C), y una variación diurna muy amplia; la humedad relativa es baja (40 - 50%) y, en general, las precipitaciones son inferiores a las de la Zona Intermedia. Por encima de los 2.500 m. de altitud, el clima se puede calificar de "sub-alpino", con frecuentes temperaturas bajas y nevadas en el invierno.

Además de esta división en zonas climáticas por altitudes, existen otras diferencias notables entre las vertientes norte y sur de la isla. Así por ejemplo, en el lado de sotavento, la Zona Inferior se caracteriza por mayores variaciones de temperatura y menores lluvias, que dan origen a un clima subtropical árido. En la Intermedia, la insolación es más alta y la precipitación más errática y está influenciada a menudo por la intrusión de aire húmedo y cálido del SW, que puede dar origen a lluvias orográficas de gran intensidad. El clima de esta zona es similar al mediterráneo en algunos aspectos. La Superior presenta características climáticas similares en todas las vertientes.

La temperatura media mensual estimada de la isla es la siguiente:

---

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Media
14.8	11.9	13.8	16.2	17.5	18.4	23.8	23.9	20.8	20.0	14.8	12.5	17.4

---



### 3.1.2. Evapotranspiración

Se ha calculado la evapotranspiración media mensual por el método de Thornthwaite en las siguientes estaciones: Izaña, Los Rodeos, Vilaflor, Puerto de La Cruz, La Laguna, Icod y Santa Cruz de Tenerife.

A partir de estos datos se ha obtenido una evapotranspiración media mensual para la isla de:

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
36,2	36,1	47,6	54,6	68,1	86,9	108,8	109,4	91,4	73,9	52,6	39,6	805,2

### 3.1.3. Red hidrometeorológica existente

Los datos hidrometeorológicos necesarios para este estudio se han obtenido de una red constituida por los pluviómetros ya existentes, así como de un cierto número de pluviógrafos, estaciones de aforo y estaciones evaporimétricas instaladas y explotadas por el Proyecto; está compuesta en conjunto por 63 pluviómetros, 7 pluviógrafos, 4 estaciones evaporimétricas y 8 estaciones de aforo (Lámina TE-3.1).

## 3.2. Aguas superficiales

### 3.2.1. Precipitación

Se ha realizado un estudio completo de precipitaciones en toda la isla, en la que se cuenta con una red pluviométrica suficientemente densa en valor medio pero cuya distribución no es homogénea dada la orografía de la isla.

Debido a esta característica, el estudio de precipitaciones ha necesitado un tratamiento estadístico muy completo, cuya mayor dificultad ha sido el excesivo número de datos utilizables, que ha tenido los siguientes objetivos:

- a) Ajustar series pluviométricas suficientemente extensas, homogéneas y de garantía en el mayor número de estaciones.
- b) Estudiar la distribución anual y mensual de las precipitaciones.
- c) Establecer en una primera aproximación la red pluviométrica conveniente.

El estudio pluviométrico se ha realizado en cuatro fases:

- a) Recopilación completa de todos los datos utilizables.
- b) Análisis y contraste de estos datos.

- c) Corrección, interpolación y ajuste definitivo de series básicas.
- d) Trazado de isoyetas anuales, medias mensuales y media del período.

### 3.2.2. Red pluviométrica estudiada

Se han considerado un total de 63 estaciones utilizables, de las cuales se han tenido en cuenta, después de los primeros análisis y contrastes previos de la masa de datos, un total de 53 estaciones en función de los siguientes criterios:

- Extensión de la serie utilizable en cada estación.
- Situación geográfica y necesidades de utilización de cada estación.
- Bondad de los datos disponibles.

La situación de estas estaciones, que relacionamos seguidamente, puede verse en el gráfico G-

1. Abona (Faro)
2. Adeje
3. Aguamansa
4. Aguamansa (Orotava)
5. Alcalá (Las Salinas)
6. Anaga (Faro)
7. Arafo (B)
8. Arafo (Escuela)
9. Arguayo - Santiago
10. Arico Nuevo
11. Bajamar
12. Buenavista
13. Candelaria
14. Chio
15. El Medano
16. Escobonal
17. Fasnia
18. Garachico
19. Geneto (La Laguna)
20. Genovés (Garachico)
21. Granadilla (Arona)
22. Guamasa
23. Guía de Isora
24. Güímar
25. Icod
26. Izaña
27. La Caridad
28. La Guancha
29. La Laguna (Instituto)
30. La Matanza de Acentejo
31. La Orotava



32. La Victoria de Acentejo
33. Las Mercedes
34. La Zarza
35. Los Rodeos
36. Pico de Tejina
37. Puerto de La Cruz
38. Punta Hidalgo
39. Punta Rasca
40. Punta Teno (Faro)
41. Realejo Alto
42. Realejo Bajo
43. San Andrés
44. San Juan de La Rambla
45. Santa Cruz de Tenerife
46. Santa Ursula
47. Santiago del Teide
48. Tacoronte
49. Taganana (Fajonetos)
50. Taganana (Iglesia)
51. Tamaimo
52. Tegueste
53. Vilaflor

### 3.2.3. Tratamiento de datos

Para el análisis, contraste, corrección e interpolación de datos pluviométricos se ha utilizado el método de dobles acumulaciones a escala anual y el método de correlación ortogonal a escala mensual.

Se ha realizado el siguiente proceso de cálculo:

1. Se asignó un número a cada estación por orden alfabético y unas coordenadas convencionales.
2. Se realizó un análisis previo por métodos gráficos de comparación por zonas afines y se obtuvieron los coeficientes de correlación de todas las comparaciones posibles.
3. Se definieron tres grupos, en función de la altura, según que ésta fuera inferior a 250 m, estuviera comprendida entre 250 y 500 m. o fuera superior a 500 m.
4. Se estudiaron las correlaciones a escala mensual de todas las estaciones dentro de cada grupo y cuando fue necesario se compararon entre los distintos grupos.
5. A la vista de dichas correlaciones se dibujaron las nubes de puntos de todas aquellas cuyo coeficiente de correlación era superior a 0.80 y se eliminaron todos aquellos puntos que presentaban una dispersión muy acusada.
6. Se volvieron a estudiar dichas correlaciones sin esos puntos y así se obtuvieron las ecuaciones definitivas, cuyos coeficientes de correlación y rectas de regresión se recogen en el cuadro núm. 7, siendo:

$r$  = coeficiente de correlación

$$y = AP_0 x + AP_1$$

CUADRO Nº 7

y	x	r	AP <sub>0</sub>	AP <sub>1</sub>
1	15	0,97	1,43	- 2,19
2	16	0,92	0,61	- 3,49
3	26	0,95	1,86	12,10
5	39	0,90	1,46	- 1,88
6	49	0,92	0,48	0,52
	11	0,93	1,12	- 0,49
	45	0,88	1,45	- 1,20
7	16	0,93	1,37	- 9,77
8	17	0,96	0,96	5,98
9	26	0,94	1,06	- 25,90
10	17	0,97	0,76	- 3,11
11	38	0,94	0,87	1,00
	6	0,93	0,90	0,44
13	49	0,96	0,40	- 8,55
15	39	0,98	1,47	- 1,00
	1	0,97	0,70	1,53
	13	0,86	0,60	- 0,58
16	13	0,86	2,06	- 2,99
17	16	0,97	1,08	- 0,10
18	38	0,84	1,38	- 6,38
19	35	0,91	0,83	- 9,20
	26	0,86	0,88	0,15
21	53	0,97	0,57	3,63
22	33	0,95	0,65	3,88
	35	0,93	1,01	1,12
25	8	0,85	0,77	3,70
26	35	0,86	0,86	- 8,54
27	29	0,94	1,43	8,21
	35	0,92	1,40	- 4,88
28	25	0,99	1,26	3,58
29	35	0,93	1,12	- 8,90
30	28	0,87	1,25	- 6,05
31	28	0,91	1,00	- 7,90
32	30	0,97	1,11	- 0,76
33	22	0,95	1,54	- 6,14
35	26	0,86	1,15	9,99
36	6	0,94	0,99	2,49
37	42	0,95	0,67	2,70
38	49	0,89	0,44	- 0,22
39	15	0,98	0,68	0,68
40	51	0,92	0,64	2,80
41	25	0,98	1,06	1,91
42	18	0,92	1,67	- 3,04
44	32	0,90	0,78	- 11,90
45	49	0,89	0,38	- 1,32
	6	0,88	0,69	0,83
48	32	0,95	1,10	4,06
49	6	0,92	2,06	- 1,08
51	5	0,90	2,71	5,44
52	41	0,87	1,02	10,22
53	21	0,97	1,74	- 6,32
	23	0,93	1,73	3,01
	26	0,83	0,96	- 10,80



Finalmente, y en función de los criterios y métodos ya mencionados anteriormente, se definieron las estaciones definitivas por un total de 43, que son las siguientes:

1. Abona (Faro)
2. Adeje
3. Aguamansa
5. Alcalá (Las Salinas)
6. Anaga (Faro)
7. Arafo (B)
8. Arafo (Escuela)
9. Arguayo - Santiago
10. Arico Nuevo
11. Bajamar
13. Candelaria
15. El Medano (Granadilla)
16. El Escobonal
17. Fasnia
18. Garachico
19. Geneto (La Laguna)
21. Granadilla (Abona)
22. Guamasa (La Laguna)
25. Icod
26. Izaña
27. La Caridad (Tacoronte)
28. La Guancha (Asomada)
29. La Laguna (Instituto)
30. La Matanza de Acentejo
31. La Orotava
32. La Victoria de Acentejo
33. Las Mercedes
35. Los Rodeos
36. Pico Tejina
37. Puerto de La Cruz
38. Punta Hidalgo
39. Punta Rasca (Faro)
40. Punta Teno (Faro)
41. Realejo Alto
42. Realejo Bajo
44. San Juan de La Rambla
45. Santa Cruz de Tenerife
47. Santiago de Teide
48. Tacoronte
49. Taganana
51. Tamaimo
52. Tegueste
53. Vilaflor

Los valores medios mensuales de la pluviometría en estas estaciones se recogen en el cuadro núm. 8 y su situación en la lámina TE-3.1.

Estos valores no coinciden exactamente con los obtenidos de las isoyetas mensuales pero las diferencias no son nunca superiores al 10 %.

#### **3.2.4. Leyes de distribución**

Para el estudio de las leyes de distribución a escala anual y mensual se intentaron diversas leyes, llegándose finalmente a que el mejor ajuste se obtenía por la ley de distribución de Goodrich. Se ha aplicado esta ley de distribución a escala anual a las 43 estaciones definitivas y se ha contrastado la bondad del ajuste por el test de Kolmogoroff.

Los resultados pueden verse en el cuadro núm. 9.

#### **3.2.5. Planteamiento de la red pluviométrica**

Debido a la variedad climatológica de la isla en estudio, con cuencas muy reducidas sometidas a diferentes regímenes climatológicos, consideramos absolutamente necesario que exista una red básica que definiremos en una primera aproximación en función de los siguientes criterios:

- Factores meteorológicos
- Factores topográficos
- Factores económicos

Una vez definida esta red básica, y en zonas de especial interés o particularmente representativas, se establecerá una red secundaria cuyos criterios dependerán, principalmente, de las necesidades de todo tipo: hidráulicas, agrícolas, urbanas, etc.

En función de la información obtenida con todo el estudio realizado y condicionando la red pluviométrica óptima a la existente actualmente, llegamos a una red básica compuesta por 16 pluviógrafos, 46 pluviómetros y 5 totalizadores. Esta red, establecida, como ya hemos dicho, en base a la actual, se ha fijado con criterios de utilización del máximo número de estaciones de garantía actualmente en explotación y tratando de que el coste sea el mínimo posible. No obstante, convendría estudiar posteriormente la posibilidad de establecimiento de redes más densas en zonas que actualmente no tienen datos y también estudiar el equipo óptimo, en función de la topografía y posibilidades de explotación, principalmente en todas las zonas montañosas.

#### **3.2.6. Trazado de isoyetas**

Una vez definidos los datos de base en todas las estaciones definitivas y considerando además todos los datos originales de aquellas estaciones en las que no ha sido posible completar o, en su caso, corregir sus datos, debido a que las posibles comparaciones de estas estaciones con



CUADRO N° 8  
Precipitación media (1949-1964)

Nº de estación	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total anual
1	25,9	28,4	27,7	51,5	20,8	5,1	4,3	1,1	0,4	0,0	0,5	0,1	166,4
2	33,5	54,3	31,6	45,8	40,9	12,2	7,6	4,9	0,1	0,9	0,5	3,5	236,3
3	136,8	256,9	213,0	187,7	153,0	79,7	59,9	19,9	2,6	1,0	8,4	35,1	1.154,5
5	24,1	37,7	28,8	33,1	28,3	8,2	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	163,3
6	43,2	79,6	59,9	64,7	40,6	22,2	20,4	5,2	2,4	1,8	1,6	8,8	351,1
7	82,1	95,6	59,0	98,4	99,3	28,6	14,8	5,7	0,5	0,7	2,5	7,0	494,8
8	60,5	64,0	105,5	100,7	86,9	58,5	36,6	8,6	2,5	3,2	3,3	8,2	539,1
9	57,4	98,5	94,6	80,4	57,0	30,5	8,2	1,3	0,0	0,0	0,0	4,1	432,6
10	44,6	74,4	46,4	73,8	56,9	15,3	12,9	6,6	0,1	1,4	0,7	4,6	338,4
11	31,4	66,7	49,0	46,2	32,5	25,4	14,0	3,7	1,0	0,6	1,5	9,3	281,8
13	29,0	50,6	42,9	40,8	27,1	12,3	5,5	0,4	0,1	0,0	0,6	2,5	212,2
15	22,6	43,7	23,3	32,8	26,9	5,0	5,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	160,6
16	65,3	84,8	68,4	76,1	78,0	24,8	15,1	8,4	1,6	2,0	1,5	7,7	434,4
17	56,2	95,8	61,9	98,3	81,7	25,8	18,9	9,4	1,1	2,1	1,7	7,7	461,0
18	54,4	100,4	58,9	58,2	53,8	22,9	14,6	2,9	1,6	0,2	1,9	10,2	380,6
19	40,4	104,2	110,0	89,5	54,9	43,7	26,0	8,5	2,2	0,4	3,8	8,1	492,2
21	34,8	72,7	38,6	56,2	42,8	21,6	18,3	5,2	1,1	0,0	2,6	11,7	306,1
22	55,6	139,0	119,8	112,0	84,8	64,7	45,9	22,6	13,7	6,7	11,8	22,5	699,7
25	63,7	79,4	79,7	69,4	53,2	58,4	30,0	9,5	5,5	1,4	3,1	7,9	461,7
26	70,0	113,6	110,4	98,0	75,0	41,7	26,7	7,6	0,0	0,3	3,4	15,7	563,0
27	102,6	188,1	170,8	128,5	107,0	88,1	55,1	20,3	9,8	5,9	8,6	20,3	905,7
28	85,5	109,3	104,1	88,3	72,2	75,3	41,9	15,7	8,6	2,7	5,6	11,7	621,3
29	75,0	139,0	130,0	100,0	71,3	63,5	34,8	16,3	2,8	2,1	5,0	9,3	649,5
30	50,4	114,2	85,4	81,7	55,7	57,1	32,5	15,6	5,6	3,0	6,2	19,6	527,6
31	45,1	92,0	83,2	74,5	53,2	68,2	23,9	7,2	4,3	0,7	1,9	6,3	460,9
32	56,0	116,0	96,0	93,6	60,3	59,4	34,9	16,4	5,9	2,6	6,3	20,1	568,1
33	85,7	201,1	191,6	172,9	125,1	87,3	62,1	27,3	14,3	6,8	12,3	27,8	1.014,8
35	65,8	136,6	134,5	121,5	73,6	63,6	41,6	21,6	10,4	5,0	9,9	18,3	702,9
36	43,8	72,5	58,6	69,5	36,3	22,1	24,4	6,9	2,7	2,5	2,4	10,3	352,4
37	33,1	54,8	55,7	53,3	44,4	40,3	18,2	5,2	2,1	0,5	1,9	15,2	325,2
38	43,7	78,7	50,6	46,0	37,3	20,1	14,0	5,1	3,5	0,9	2,4	9,9	312,7
39	16,1	31,1	17,1	22,7	18,8	3,9	3,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	113,5
40	18,5	39,0	48,3	58,9	28,1	28,3	21,3	0,8	0,6	0,0	0,2	2,1	246,8
41	69,6	85,1	84,8	75,6	62,3	63,2	28,9	11,8	7,2	2,0	3,4	9,8	504,3
42	56,6	108,9	89,2	72,2	59,6	51,6	24,2	6,6	4,1	0,9	1,7	17,0	493,4
44	22,4	53,7	52,5	43,1	35,2	40,7	18,1	5,1	0,3	0,0	0,7	1,9	274,4
45	32,9	46,5	63,0	48,7	40,3	26,1	11,3	1,8	0,2	0,0	0,2	5,0	276,4
47	65,6	140,3	108,8	95,6	100,6	55,2	26,6	1,1	0,1	0,0	0,5	11,9	606,9
48	52,6	129,8	116,0	113,0	66,1	64,1	43,5	20,7	11,5	7,4	9,7	20,9	656,2
49	83,4	168,3	124,2	117,6	94,8	37,3	30,7	14,3	8,6	5,3	8,2	19,0	712,4
51	17,4	54,8	78,4	92,0	37,0	42,4	21,6	0,6	0,7	0,0	0,0	0,9	346,3
52	64,7	104,9	102,9	112,7	57,6	51,0	35,3	14,9	8,8	3,9	7,4	12,7	577,4
53	50,8	127,4	63,0	90,6	67,7	33,8	21,4	1,6	0,4	0,0	4,5	10,4	472,1
Media para la isla	52,8	96,1	82,3	81,1	60,4	40,7	24,6	8,6	3,5	1,7	3,4	10,6	466,3



CUADRO Nº 9

Nº - Nombre estación	a <sup>n</sup>	x <sub>1</sub>	n	Test de $\chi^2$
1. Abona (Faro)	0,0054385	- 16,686	0,5797234	0,90
2. Adeje	0,0056260	33,701	0,8341019	0,90
3. Aguamansa	0,0013421	306,844	0,7936334	0,60
4. Alcalá (Las Salinas)	0,0102986	24,132	1,2655197	0,90
6. Anaga (Faro)	0,0041984	114,747	0,6706213	0,90
7. Arafo (B)	0,0023053	17,914	0,6453626	0,90
8. Arafo (Escuela)	0,0032676	150,140	0,9037174	0,90
9. Arguayo - Santiago	0,0026721	- 6,929	0,8443299	0,30
10. Arico Nuevo	0,0034199	11,496	0,7373065	0,90
11. Bajamar	0,0038530	44,578	0,4711396	0,90
13. Candelaria	0,0061729	41,256	0,7437991	0,90
15. El Medano (Granadilla)	0,0091276	18,291	1,0849712	0,90
16. El Escobonal	0,0032884	71,901	0,8305161	0,90
17. Fasnia	0,0030860	89,540	0,7796992	0,90
18. Garachico	0,0028623	36,929	0,5609985	0,90
19. Geneto (La Laguna)	0,0027577	121,302	0,5868687	0,90
21. Granadilla (Abona)	0,0037392	26,666	0,58720	0,90
22. Guamasa (La Laguna)	0,0020281	194,765	0,4395623	0,90
25. Icod	0,0031181	136,397	0,5857441	0,90
26. Izaña	0,0027284	143,117	0,7994751	0,50
27. La Caridad (Tacoronte)	0,0013014	208,246	0,4910477	0,90
28. La Guancha (Asomada)	0,0022355	170,055	0,5566917	0,90
29. La Laguna (Instituto)	0,0021352	194,824	0,6282744	0,70
30. La Matanza de Acentejo	0,0016161	- 38,506	0,2647573	0,80
31. La Orotava	0,0024967	126,989	0,5149995	0,90
32. La Victoria de Acentejo	0,0014901	- 42,434	0,2451216	0,90
33. Las Mercedes	0,0014146	279,854	0,4831861	0,90
35. Los Rodeos	0,0027887	303,752	0,7646379	0,80
36. Pico Tejina	0,0023855	- 33,510	0,2923924	0,90
37. Puerto de La Cruz	0,0042101	104,643	0,4858024	0,40
38. Puente Hidalgo	0,0039884	73,632	0,5611421	0,90
39. Punta Rasca (Faro)	0,0133377	16,952	1,0805351	0,80
40. Punta Teno (Faro)	0,0047620	36,670	0,6111566	0,90
41. Realejo Alto	0,0030427	172,615	0,5943573	0,90
42. Realejo Bajo	0,0026799	145,335	0,6201553	0,70
44. San Juan de La Rambla	0,0026358	- 49,996	0,4009890	0,90
45. Santa Cruz de Tenerife	0,0065189	101,439	0,8216980	0,80
47. Santiago de Teide	0,0021787	123,317	0,7490063	0,90
48. Tacoronte	0,0014421	25,032	0,2456327	0,90
49. Taganana	0,0022760	266,328	0,6758280	0,80
51. Tamaimo	0,0030505	27,741	0,5505570	0,90
52. Tegueste	0,0026856	214,112	0,5513127	0,90
53. Vilaflor	0,0025107	33,733	0,7022938	0,90



otras afines no han resultado suficientemente aceptables con los criterios estadísticos utilizados, y teniendo en cuenta la topografía y las diversas influencias climáticas, se han dibujado las isoyetas anuales y media anual del período, así como las isoyetas medias mensuales, que pueden verse en el Estudio Hidrológico de Base. Estas isoyetas deben considerarse en función de la escala utilizada siendo, por tanto, suficientemente representativas salvo en cuencas muy pequeñas. En la lámina TE-3.1 se representa la isoyeta media anual del período considerado.

### 3.3. Estimación de aportaciones totales

Prácticamente son inexistentes los datos sobre aforos en toda la isla; en la bibliografía consultada sólo se han encontrado estimaciones en zonas muy concretas y sólo para valores medios.

A la vista de la carencia de datos se ha optado por estimar las aportaciones en función de la pluviometría y de las características geológicas e hidrogeológicas generales, geomorfología y datos físicos de las cuencas consideradas.

A la estimación del dato mensual, se ha llegado por el siguiente proceso:

- a) Se ha dividido la isla en dos zonas, que pueden verse en la lámina TE-1.1, atendiendo a sus características climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas y a los resultados del estudio pluviométrico realizado.
- b) Se ha estimado en función de dichas características un coeficiente de escorrentía medio para cada zona.
- c) A partir de la isoyeta media del período estudiado en el estudio pluviométrico se ha obtenido la precipitación media de cada zona.
- d) Dentro de cada zona se ha escogido una serie de estaciones cuya media fuera sensiblemente igual a la precipitación media obtenida de la isoyeta media; la media de estas estaciones se ha considerado como estación base.
- e) En función de los datos de evapotranspiración obtenidos por diferentes métodos empíricos y de la escorrentía media estimada se ha ajustado gráficamente una curva para cada zona que relaciona la precipitación mensual con la aportación específica.
- f) Con los datos mensuales de precipitación de las estaciones base y utilizando las curvas respectivas obtenidas en el apartado anterior se ha obtenido la serie de aportaciones específicas correspondientes al período de lluvias estudiado.
- g) A partir de las series de aportaciones específicas de cada zona se han obtenido las aportaciones mensuales y anuales, que pueden verse en los cuadros números 10 y 11.

A continuación se dan los valores medios anuales obtenidos. (Cuadro núm. 12).



**CUADRO Nº 10**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona I**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1940 - 1941	0.99	2.49	13.68	13.87	0.00	0.07	5.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.61
1941 - 1942	7.53	67.80	18.96	19.18	3.86	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	117.45
1942 - 1943	0.63	39.56	7.69	0.00	0.00	103.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	151.80
1943 - 1944	1.35	1.63	19.42	0.00	2.84	0.00	0.09	13.76	0.00	0.00	0.00	2.41	41.50
1944 - 1945	131.73	11.22	15.29	149.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.74	0.00	322.01
1945 - 1946	0.01	25.14	0.82	68.04	1.68	2.41	0.61	0.88	1.04	0.00	0.00	0.00	100.63
1946 - 1947	0.00	29.82	4.74	101.26	6.33	0.81	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	143.08
1947 - 1948	0.00	0.64	0.00	5.54	10.27	0.12	73.62	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	90.47
1948 - 1949	0.21	0.00	21.85	23.32	0.07	119.12	25.57	6.62	0.00	0.00	0.00	0.00	196.76
1949 - 1950	0.00	4.67	23.58	25.86	35.45	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	93.10
1950 - 1951	3.06	30.77	9.02	13.37	16.24	70.69	2.27	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	145.63
1951 - 1952	0.06	14.76	26.14	38.44	0.86	0.01	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.62
1952 - 1953	0.56	237.71	0.00	15.06	2.81	14.35	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	271.05
1953 - 1954	72.95	0.18	157.50	3.71	21.40	2.05	6.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	263.82
1954 - 1955	3.80	55.53	15.50	4.68	0.38	5.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.86
1955 - 1956	41.83	7.03	1.97	31.81	20.08	32.62	11.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	146.59
1956 - 1957	0.00	3.04	0.25	2.63	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.93
1957 - 1958	31.87	18.78	566	40.58	18.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	160.99
1958 - 1959	0.44	14.31	3.10	10.89	0.85	99.70	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	129.41
1959 - 1960	1.67	44.81	0.21	1.29	0.00	11.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.06
1960 - 1961	10.32	12.95	17.73	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.84	63.65
1961 - 1962	7.33	25.79	6.14	3.81	0.88	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	44.27
1962 - 1963	4.47	48.49	15.33	20.54	21.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	110.35
1963 - 1964	0.00	2.10	20.72	13.70	0.14	0.00	1.91	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	38.61
1964 - 1965	0.23	0.00	11.69	21.55	15.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.46
1965 - 1966	22.34	19.29	2.68	0.00	0.43	2.56	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	47.67
Apor. media	13.20	27.63	18.10	24.19	6.95	17.90	5.14	0.84	0.05	0.00	0.56	0.94	115.55

**CUADRO Nº 11**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona II**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1940 - 1941	1.47	1.05	6.10	5.62	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.58
1941 - 1942	4.91	47.46	17.84	9.92	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.91
1942 - 1943	0.00	32.93	1.83	0.00	0.00	65.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.24
1943 - 1944	2.45	0.08	8.45	0.00	0.18	0.23	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	12.21
1944 - 1945	18.69	0.18	2.09	60.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.80
1945 - 1946	0.00	5.39	0.00	2.64	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60
1946 - 1947	0.00	27.71	2.34	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.19
1947 - 1948	0.00	0.10	0.00	1.00	2.14	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	6.72
1948 - 1949	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	28.61	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.14
1949 - 1950	0.00	0.35	51.37	2.45	6.21	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.90
1950 - 1951	0.59	431.61	0.00	0.42	6.39	0.80	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.25	440.20
1951 - 1952	0.32	4.01	23.00	5.65	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.16
1952 - 1953	0.42	242.98	0.00	220.86	1.02	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	466.25
1953 - 1954	253.95	0.00	196.49	2.45	23.18	0.00	4.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	480.31
1954 - 1955	0.00	140.22	1.02	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.64
1955 - 1956	250.26	7.74	0.00	39.67	253.21	16.24	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	567.25
1956 - 1957	0.04	5.97	0.00	142.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	148.62
1957 - 1958	57.72	0.97	62.95	81.50	69.41	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	272.56
1958 - 1959	0.00	4.16	2.10	9.30	18.82	12.13	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	46.62
1959 - 1960	0.05	0.19	0.00	0.25	18.82	52.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.42
1960 - 1961	0.00	0.00	8.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.49	12.77
1961 - 1962	0.10	0.71	1.66	12.36	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.88
1962 - 1963	0.94	16.76	20.55	10.65	5.12	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	54.07
1963 - 1964	0.00	0.00	18.72	11.13	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.03
1964 - 1965	0.00	0.00	4.16	15.12	11.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.89
1965 - 1966	8.47	20.18	0.00	0.00	0.00	13.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.10
Apor. media	23.09	38.10	16.52	24.52	16.04	7.37	0.45	0.04	0.00	0.00	0.00	0.30	126.46



CUADRO Nº 12

Zona	Sup. (km <sup>2</sup> )	Precip. (mm)	Am. (Hm <sup>3</sup> )	e
I	656	645	105,6	0,25
II	1.402	379	105,5	0,20
Total	2.058	463	211,1	0,22

### 3.3.1. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas

En función del estudio completo de precipitaciones, de los cálculos de evapotranspiración, de las condiciones geológicas e hidrogeológicas, características físicas y de los escasos datos directos de escorrentía superficial, se han estimado los siguientes valores medios que deben tomarse con las reservas propias de la metodología empleada.

Aportación superficial . . . . .	125 Hm <sup>3</sup>
Aportación subterránea . . . . .	86 Hm <sup>3</sup>

## 3.4. Regulación

### 3.4.1. Planteamiento general

Se han calculado las curvas de regulación a caudal fijo para cada zona. Las curvas de regulación con demanda variable no se han considerado necesarias ya que la distribución de los consumos mensuales es sensiblemente constante a lo largo del año. Estas curvas de regulación deben considerarse únicamente como valores indicativos de comparación de las distintas zonas.

A los valores finales de aportaciones en cada zona se les ha aplicado la ley de Goodrich para el dato anual, y la bondad del ajuste se ha contrastado con el test de Kolmogoroff. Las curvas de distribución anual nos permiten deducir para las diversas garantías los años que no deben considerarse en el cálculo de las curvas de regulación en cada hipótesis. Hacemos la hipótesis para el cálculo de dichas curvas con diversas garantías de no considerar aquellos años cuya frecuencia, deducida de la curva de distribución ajustada por la ley de Goodrich, corresponda con las diversas hipótesis de garantía estudiadas.

Se ha realizado un estudio de regulación para caudales constantes habiéndose estudiado las siguientes hipótesis:

Caudal constante    70 %    80 %    90 %    100 %    de garantía.



### 3.4.2. Curvas de regulación

Para calcular las capacidades de embalse estricto, hemos seguido el método de las diferencias acumuladas, siendo:

$A_{ki}$ , aportación del mes  $i$ -ésimo del año  $k$  en  $\text{Hm}^3$ .

$q$ , caudal mínimo continuo en  $\text{m}^3/\text{seg}$ , garantizado durante el período considerado.

$n_i$ , número de segundos del mes  $i$ -ésimo.

La mayor de todas las sumas de valores sucesivos de la expresión:

$$n_i q - A_{ki} \quad (1)$$

da la capacidad de embalse necesario y estricto  $C$  ( $\text{Hm}^3$ ) para garantizar un caudal  $q$  regulado. De la expresión:

$$C = \sum_{ik} n_i q - A_{ki}$$

que da la capacidad de embalse estricto, se deduce que  $C$  variará linealmente con  $q$ . Los cambios de pendiente de la recta que los relaciona son debidos al cambio de extensión del intervalo de meses sucesivos que da el máximo valor positivo a la suma de diferencias (1) entre todas las que se pueden formar.

Se demuestra fácilmente que la poligonal que relaciona  $C$  con  $q$  tiene pendientes crecientes, ya que la extensión del intervalo de tiempo de caudales deficitarios debe ser creciente al aumentar  $q$ .

Si tomamos dos valores de capacidad de embalse  $C$  y  $C + \Delta C$  situados sobre un mismo segmento de los que corresponden a la curva  $(C, q)$ , se tiene:

$$C = \sum_{ik} n_i q - A_{ki}$$

$$C + \Delta C = \sum_{ik} n_i (q + \Delta q) - A_{ki}$$

y como los índices de las sumatorias son idénticos:

$$\frac{\Delta C}{\Delta q} = \sum_{ik} n_i$$

y pasando al límite

$$\frac{dC}{dq} = \sum_{ik} n_i$$

es decir, las pendientes de la curva  $(C, q)$  son proporcionales al número de segundos a que se extiende el período que define la capacidad estricta  $C$  de regulación necesaria para garantizar el caudal  $q$ .



Las ordenadas de la curva  $\frac{dC}{dq}$  representan el número de meses a que se extiende el período de máximo desembalse o período de vaciado de la capacidad estricta.

Se han representado las curvas  $C'$ ,  $q'$  relativas al período considerado en valores unitarios, siendo:

$$C' = \frac{C}{A_m} \quad q' = \frac{q}{Q_m}$$

donde  $A_m$  y  $Q_m$  son la aportación anual media y el caudal medio del período.

Los cálculos y resultados se recogen en el citado Estudio Hidrológico de Base, y las curvas de regulación en el gráfico TE-3.1.

### 3.5. Datos físicos

Con el fin de utilizarlos para futuros estudios de afinidad hidrológica en los distintos barrancos estudiados, se han calculado en cada uno de los principales, una serie de características que enumeramos a continuación:

- Superficie
- Perímetro
- Rectángulo equivalente
- Curva hipsométrica
- Índice de compacidad
- Índice de pendiente

El rectángulo equivalente es un rectángulo que tiene la misma superficie de cuenca, el mismo coeficiente de Gravelius e idéntica repartición hipsométrica; se trata de una transformación puramente geométrica de la cuenca, en un rectángulo del mismo perímetro, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas al lado menor.

La curva hipsométrica nos da las superficies dominadas por cada cota.

El índice de compacidad es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo de la misma superficie.

El índice de pendiente que se deduce del rectángulo equivalente tiene un valor dado por la fórmula:

$$I_p = \frac{n}{\sum_{n=2}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})}} \frac{1}{\sqrt{L}}$$

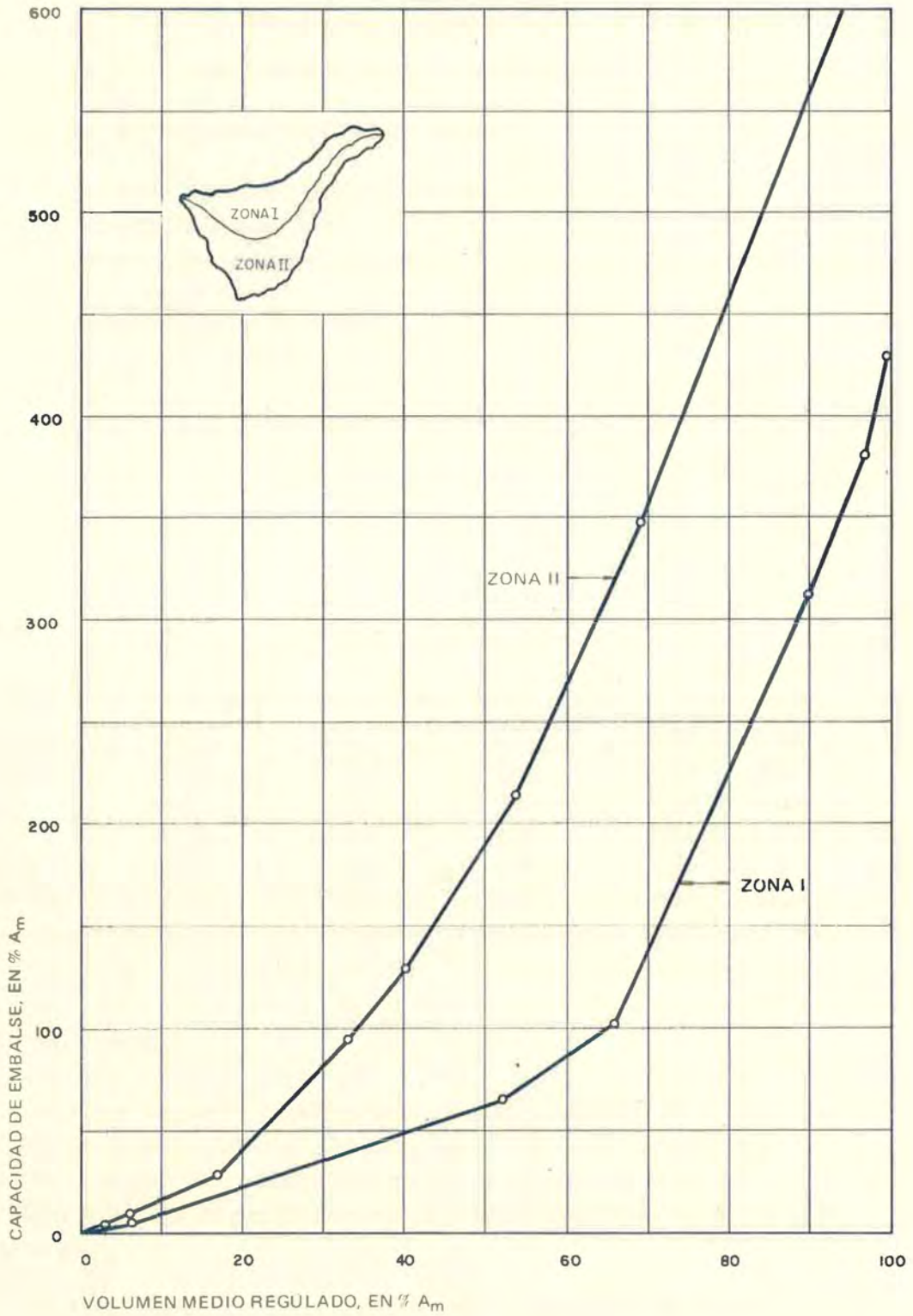
Siendo:

$I_p$ , índice de pendiente.

$n$ , número de curvas de nivel existentes en el rectángulo, incluidos los extremos.



# CURVAS DE REGULACION



$A_m$  = Escorrentia media anual

$Q_m$  = Caudal medio anual

ZONA I

$Q_m = 2,7 \text{ m}^3/\text{s}; A_m = 85 \text{ Hm}^3$

ZONA II

$Q_m = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}; A_m = 79,5 \text{ Hm}^3$

NOTA.—Las curvas se han obtenido para una garantía del 95 %.



$a_1, a_2, a_n$ , cotas de las  $n$  curvas de nivel consideradas.

$\beta_i$ , fracción de superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas  $a_i, a_{i-1}$ .

$L$ , longitud del lado mayor del rectángulo.

Los barrancos estudiados son los siguientes:

Barranco de La Cantera (Las Ramblas)

Barranco de Las Galletas

Barranco de Las Lajas (La Raya)

Barranco del Río

Barranco Rodrigo (San Juan)

Barranco de Tamadaya

Cuyas características pueden verse en el cuadro siguiente:

**CUADRO Nº 13**

Barranco	Superficie (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Índice de compacidad	Rectángulo equivalente		Índice de pendiente
				L	I	
Cantera	16,50	31,00	2,13	14,35	1,15	0,4773
Galletas	55,93	49,00	1,83	21,95	2,55	0,2700
Lajas	34,43	37,00	1,76	16,40	2,10	0,3700
Río	30,00	41,00	2,09	18,91	1,59	0,3671
Rodrigo	55,25	39,50	1,48	16,37	3,38	0,4100
Tamadaya	57,50	39,00	1,44	15,88	3,62	0,3867

### 3.6. Máximas crecidas

Por el momento, y dada la escasez de datos existentes, no es posible realizar estudios estadísticos de caudales máximos. Por tanto, en un intento de aprovechar al máximo los datos disponibles, se ha realizado un estudio completo de los caudales específicos de crecidas, a partir de los datos existentes de precipitaciones, para las distintas zonas en las que se ha considerado dividida la isla.

Para realizar la estimación de los caudales específicos de crecida se ha dividido la isla en 17 zonas, en función de sus condiciones hidrológicas y geomorfológicas. A la vista de la escasez de estaciones pluviométricas utilizables, en lo que se refiere a precipitaciones máximas en 24 horas, cada zona ha sido tratada no específicamente, sino como un elemento del conjunto, para poder utilizar un mayor número de datos, obteniéndose sus características simultáneamente en todas las cuencas.

A partir del estudio pluviométrico del conjunto de las 63 estaciones existentes, se han considerado un total de 36, seleccionadas en función de los siguientes criterios:



- Extensión de la serie utilizable
- Situación geográfica y necesidades de utilización
- Garantía

Para cada una de las estaciones consideradas, se han obtenido las precipitaciones máximas en 24 horas, mensuales y anuales, en el período estudiado.

Dada la necesidad de obtener las intensidades máximas de precipitación en cada una de las zonas consideradas, para un determinado período de recurrencia, se ha utilizado, de entre las diversas leyes de frecuencia que se aplican en problemas hidrológicos, la ley de Gumbel, que es la de mejor ajuste.

Este método se ha aplicado a los valores máximos anuales y mensuales de todas las estaciones, resultando ser el mes de noviembre el más desfavorable a efectos de crecidas. A continuación se obtuvieron las intensidades medias máximas en cada zona, expresadas en mm. en 24 horas, para los distintos tiempos de recurrencia considerados (Cuadro núm. 14).

CUADRO Nº 14

Zonas	Anual			Noviembre		
	50	100	500	50	100	500
1	165	177	223	112	113	168
2 - I	202	223	283	149	157	205
2 - II	198	221	280	186	188	228
2 - III	210	220	279	179	181	257
3	234	249	322	220	236	300
4	173	193	250	172	193	249
5	155	181	229	145	157	213
6	179	185	246	153	171	227
7	136	162	206	135	151	204
8	150	151	190	110	125	161
9	188	233	289	122	140	169
10	178	186	250	155	168	229
11	130	144	188	119	127	182
12	125	139	181	114	127	171
13	163	174	221	150	164	208
14	188	210	267	130	143	183
15	156	175	219	100	108	144

Asimismo, se han supuesto duraciones del temporal de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas. La precipitación para las distintas hipótesis se ha estimado en función de la precipitación máxima en 24 horas para períodos menores, obteniéndose los siguientes valores:



Duración del temporal (horas)	1	2	3	4	5	6
Precipitación en % de la precipitación en 24 horas. Vertiente Norte	36	47	56	63	69	73
Precipitación en % de la precipitación en 24 horas. Vertiente Sur	36	46	60	72	78	83

Una vez fijado el valor de la intensidad de precipitación correspondiente a una tormenta y tiempo de recurrencia determinados, es necesario estimar el coeficiente de escorrentía de cada zona, para obtener el caudal específico de crecida correspondiente.

En el cuadro núm. 15 figuran los coeficientes de escorrentía para cada una de las zonas, que podrían ser alcanzados después de varios días de precipitación considerable.

**CUADRO Nº 15**

Zona	e	Zona	e	Zona	e
1	0,75	5	0,60	11	0,75
2 - I	0,55	6	0,85	12	0,55
2 - II	0,70	7	0,80	13	0,70
2 - III	0,60	8	0,60	14	0,40
3	0,60	9	0,55	15	0,80
4	0,65	10	0,65	-	-

La estimación de dicho parámetro, a la vista de la inexistencia de datos para caudales máximo-maximorum, se ha realizado en función de las condiciones físicas, geológicas y geomorfológicas existentes, teniendo en cuenta, sobre todo, el tipo de formaciones predominantes en la zona y su comportamiento respecto al grado de permeabilidad. Para ello se han utilizado tanto los datos de cartografía geológica de Tenerife, como las estimaciones realizadas en Gran Canaria sobre ciertas formaciones análogas, que han servido como base de comparación.

Los resultados obtenidos están condicionados por el método utilizado, debido a la carencia absoluta de series de caudales máximos, aunque estimamos que la máxima diferencia con los valores reales no sobrepasará un  $\pm 25\%$ .

El estudio se refiere únicamente a valores máximos de crecida y no se ha tenido en cuenta en el mismo, el efecto de los caudales sólidos.

Fijados los valores de escorrentía e intensidad de precipitación correspondientes a diferentes duraciones de tormenta, el caudal específico de punta puede obtenerse mediante la relación:

$$q = \frac{ei}{3,6}$$



donde:

$q$  = caudal específico de crecida ( $m^3/seg/km^2$ )

$e$  = coeficiente de escorrentía

$I$  = intensidad de precipitación (mm/hora) para cada temporal

Dicha fórmula puede aplicarse siempre que el tiempo de duración del temporal iguale o supere al tiempo de concentración medio de la zona considerada; en caso contrario, el caudal punta sería menor.

Como resultado de los cálculos realizados y considerando que los caudales específicos obtenidos deben afectarse de un coeficiente reductor en función, principalmente, de las hipótesis de cálculo, en las que se ha considerado un valor máximo del coeficiente de escorrentía medio y unas intensidades máximas que deben reducirse, debido a la no coincidencia de la distribución en el espacio y en el tiempo de valores máximos en todas las estaciones, llegamos a los resultados que pueden verse en el cuadro núm. 16.

El estudio estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas se ha realizado en el período de 28 años 1944/45 a 1971/72 y los datos de las estaciones utilizadas han sido contrastados y parecen tener suficiente garantía, pero por la extensión del período utilizable resulta arriesgado extrapolar a tiempos de recurrencia superiores a 100 años.

CUADRO Nº 16

Zonas	Período de recurrencia (años)		
	50	100	500
1	8	8,5	11,5
2 - I	7	8	10,5
2 - II	12	12,5	14,5
2 - III	10	10,5	14
3	12	12,5	16
4	10	11,5	14,5
5	8	8,5	12
6	12	13	17,5
7	10	11	14,5
8	6	7	8,5
9	6,5	7	8,5
10	7	8	11
11	5	5,5	8
12	4	5	6,5
13	7,5	8	10,5
14	4,5	5	7
15	7	7,5	10,5



### 3.7. Aguas subterráneas

#### 3.7.1. Generalidades

Las rocas volcánicas poseen una porosidad primaria debida a las juntas producidas por el enfriamiento (retracción) y por las tensiones de corte que se desarrollan en el paso de líquido a sólido de las coladas, a la textura granular de los piroclastos y paquetes de aglomerado, y a la eventual existencia de tubos y cavidades volcánicas. Los agentes de reducción de la misma son la compactación y el relleno de fisuras por depósitos minerales, que afectan con mayor intensidad a las formaciones más antiguas.

Al sistema de huecos y fisuras descrito anteriormente se agrega una porosidad secundaria debida a las fracturas de tensión, a las fisuras producidas por reajustes regionales y de compactación y a pequeños desplazamientos e inyección de diques. Mientras las fracturas primarias afectan solamente a la longitud y potencia de una colada, las secundarias suelen tener mayor extensión, ponen en relación varias coladas y normalmente son subverticales. En ambos casos constituyen a menudo vías de circulación localizada o preferente, pudiendo drenar el agua acumulada en extensas áreas porosas circunvecinas.

Los diques y cuerpos intrusivos asociados (sills, pitones) y los "almagres" en disposición subvertical y subhorizontal, respectivamente, constituyen sendos elementos de discontinuidad en relación con el movimiento del agua. Los primeros no siempre actúan como barreras impermeables; de hecho, existen diques que permiten el paso del agua a través de sus fisuras, y otros están tan alterados que no se diferencian sustancialmente de la roca circundante. El efecto local de los almagres es más evidente, dando lugar a la aparición de rezumes y pequeños manantiales. Pero en ambos casos se trata de discontinuidades localizadas, y aunque contribuyen a incrementar la irregularidad del medio y complican la red de flujo, en ningún caso puede hablarse de barreras regionales que impidan la circulación del agua de lluvia infiltrada.

El resultado es un conjunto de huecos y fisuras interconectados, altamente heterogéneo y anisótropo si se observa con detalle, en el que sin embargo cabe hablar de zonas macroscópicamente homogéneas, en razón a similitudes geológicas tales como litología, grado de fracturación y densidad de diques.

Desde este punto de vista adoptado, se pueden inferir los límites de cada zona y aventurar unos valores globales de capacidad de almacenamiento y permeabilidades direccionales. Con los datos de galerías y pozos, se ha intentado definir la posición de la actual superficie piezométrica de la isla (lámina TE-3.3), aceptando como valor representativo en el caso de las galerías, la cota del punto de aparición del primer agua (surgencia). En apoyo evidente del enfoque adoptado resulta el hecho de que todas las galerías secas están situadas muy por encima de dicha superficie.

En la excavación de una galería, la aparición del agua está relacionada con la posición del nivel de saturación, con la presencia de zonas porosas (piroclastos, aglomerados, etc.), con los contactos de estos últimos con formaciones impermeables o, tratándose de rocas compactas, con caracteres estructurales específicos (diques y grietas). En la producción de la galería se integran varias surgencias, y la evolución de sus caudales revela esencialmente un fenómeno de drenaje de la masa de agua en su entorno; el caudal disminuye rápidamente al



principio, decreciendo luego según una curva típica de agotamiento hasta alcanzar un caudal base, prácticamente constante, que equivale a la recarga en la zona de influencia de la galería.

Las anteriores afirmaciones están basadas en los datos obtenidos de una muestra de 586 galerías visitadas en la isla; para reforzar la idea del proceso de drenaje provocado al “alcanzar” una surgencia, se ha comprobado en las 784 contabilizadas, lo siguiente:

- Las surgencias responden raramente a las lluvias.
- Las de caudal más constante se encuentran por lo general muy en el interior de la superficie piezométrica.
- Las de caudal más variable o con agotamiento completo suelen estar relacionadas con diques.

En la lámina TE-3.3 se ha representado también un esquema simple de los sistemas generales de flujo que suelen presentarse en Tenerife. El domo hidráulico puede dividirse así en tres extractos principales:

La **zona no saturada**, por donde circula el agua en sentido preferentemente vertical y donde pueden existir niveles locales colgados; la **zona saturada superior**, cuyo techo se define por niveles freáticos virtuales. (En el centro de la isla la profusión de diques origina un movimiento del agua esencialmente vertical, mientras que en las áreas periféricas se encuentran condiciones acuíferas normales, en las que el flujo es más oblicuo); la **zona saturada inferior**, localizada casi a nivel del mar en todo el contorno de la isla, donde la mayor permeabilidad y/o la extensión de los frentes de circulación dan lugar a un flujo lento y horizontal.

### 3.7.2. Características hidrogeológicas generales

Las características hidrogeológicas de la isla han podido ser observadas en detalle a partir del inventario de galerías y pozos llevado a cabo por el Proyecto. El presente análisis se ha realizado sobre una muestra de 587 galerías distribuidas por todas las unidades geológicas.

El movimiento del agua y por tanto la producción de las galerías, está condicionado por múltiples factores estructurales, principales y secundarios, de los que se han seleccionado 12. Las 587 galerías han sido analizadas de acuerdo con la frecuencia de estos factores en los puntos de surgencia. La información estadística resultante se resume en el cuadro núm. 17.

En primer lugar puede verse que sólo 5 ó 6 factores aparecen a menudo y, en segundo lugar, que su importancia es variable de una formación geológica a otra.

Así, en los Basaltos Modernos y en la Serie Cañadas, el agua aparece principalmente en las zonas de contacto. Los conglomerados volcánicos, capas escoriáceas o niveles sedimentarios intraformacionales constituyen zonas acuíferas; el nivel impermeable lo integran los suelos recocidos y paleosuelos, denominados “almagres”.

La existencia de agua subterránea en la formación brechoide está asociada principalmente con la superficie superior en contacto con los Basaltos Post-Miocenos. Dentro de la misma formación pueden existir niveles productivos asociados a diques o paquetes aglomeráticos más permeables.



CUADRO Nº 17

Unidad geológica	Nº de galerías que atraviesan la unidad	Km. en cada unidad	Frecuencia de surgencias		% de veces que aparece la surgencia asociada a cada factor											
			Nº total	1 por cada	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Serie I	37	55	85	650 m.	52	37	4		22	2,0	5	8		35	13	19
Serie II	74	117	130	900 m.	62	8	6		10		13	3	6	3	18	25
Serie I y II indiferenciadas	151	151	198	760 m.	46	13	4	15	17	0,5	18	12	0,5	45	7,5	15
Serie Cañadas	202	217	203	1.070 m.	11	21	8	3	36	0,5	20	15	15	33	15	10
Basaltos Modernos	250	139	132	1.050 m.	11	23	2	10	28		23	15		31	14	12
Brecha "mortalón"	37	29	36	800 m.	15	3	5	30	2		5			26	6,5	2

a) - Diques  
 b) - "Almagres"  
 c) - Grandes fracturas  
 d) - Contacto entre dos formaciones principales  
 e) - Contactos intraformaciones  
 f) - Tubos volcánicos  
 g) - Escorias  
 h) - Lavas fracturadas  
 i) - Lavas cordadas  
 j) - Depósitos sedimentarios, piroclastos, aglomerados y brechas volcánicas  
 k) - "Surgencias" en estructuras indefinidas  
 l) - Surgencias difusas en extensas zonas de las galerías

Nota: Muchas de las surgencias están asociadas con varios factores simultáneamente.

Existe un gran contraste entre los Basaltos Antiguos y las Series Modernas. Como se puede observar en el cuadro, los factores más importantes que afectan al caudal de los nacientes en las galerías, dentro de los Basaltos Antiguos de la Serie I, son, en primer lugar, los diques y, secundariamente, los conglomerados y escorias en contacto con los "almagres". Lo mismo ocurre en las Series I y II indiferenciadas.

La Serie II, compuesta principalmente por lavas basálticas, sólo en raras ocasiones tiene capas de "almagre" y depósitos sedimentarios, lo que explica que no se den surgencias de contacto. En esta Serie los diques juegan de nuevo el papel principal, pero se puede ver la importancia de las fisuras primarias en el movimiento del agua, por la existencia de grandes zonas con agua difusa en las galerías. Es interesante señalar que las grandes fracturas secundarias tienen poca importancia a la hora de explicar los caudales de las galerías.

En la lámina TE-3.3 que presenta 5 galerías cualesquiera de la isla, se pueden identificar los principales caracteres hidrogeológicos aquí tratados.

La frecuencia de las surgencias varía de una formación a otra, como puede verse en el cuadro núm. 17. Así, en los Basaltos Antiguos, aparece una surgencia cada 650 m. en la Serie I y cada 900 m. en la Serie II. Algo muy parecido ocurre en la formación brechoide. Sin embargo, en las Series Cañadas y en los Basaltos Modernos, la frecuencia es de 1 por cada 1.000 m. de



recorrido. Se puede concluir, por tanto, que la probabilidad de encontrar agua aumenta, de un modo general, desde las series geológicas superiores hasta las formaciones basales de la isla. En lo que se refiere a la localización del agua, las formaciones más interesantes son los Basaltos Antiguos de las Series I y II.

En el cuadro núm. 18 se da un resumen de la productividad de las galerías estudiadas. Se puede ver claramente que, de las 587 galerías consideradas, sólo 311 tienen agua, lo que supone aproximadamente el 50 %. También se ve que el mayor porcentaje de galerías productivas se encuentra en los Basaltos Antiguos de las Series I y II, con el 70 y el 75 % respectivamente. Estos hechos corroboran la conclusión primitiva de que la probabilidad de encontrar agua aumenta en las formaciones más profundas.

CUADRO Nº 18

Unidad geológica	Nº de galerías que atraviesan la unidad	Galerías productivas		Volumen producido		
		Nº	%	Caudal total l/seg.	Producción media por surgencia l/seg.	% del volumen total
Serie I	37	26	70	344	4	11
Serie II	74	56	75	701	5,4	22
Serie I y II indiferenciadas	151	61	40	1.032	5,2	32
Serie Cañadas	202	80	40	803	4	25
Basaltos Modernos	250	66	26	230	1,8	7
Brecha "mortalón"	37	22	60	104	2,9	3
<b>Total</b>		<b>311</b>	<b>41</b>	<b>3.214</b>		<b>100</b>

En lo que respecta al caudal medio de las surgencias dentro de la misma serie geológica, cabe señalar que los valores mayores se obtienen en los Basaltos Antiguos de la Serie II, con 5,4 l/seg; los Basaltos Antiguos de la Serie I y la Serie Cañadas tienen una media de 5 l/seg; la formación brechoide y los Basaltos Modernos menos de 3 l/seg. Así pues, la unidad geológica más productiva es la Serie II.

Un estudio estadístico detallado de la frecuencia y evolución en el tiempo de los caudales de las surgencias dentro de cada formación dio los resultados que se indican en el cuadro núm. 19.

Su análisis muestra claramente que los Basaltos Antiguos han estado sometidos a un fuerte drenaje, lo que es característico de las aguas almacenadas. La tendencia es inversa en la Serie Cañadas y en los Basaltos Modernos, donde el agua subterránea está menos compartimentada y por lo tanto menos estancada.

El comportamiento de la formación brechífera es particularmente interesante por el hecho de que se puede notar incluso un pequeño incremento de la frecuencia de surgencias



pequeñas con el tiempo, como resultado de la excavación. Esto se puede achacar a un drenaje retardado, si se considera esta formación como un acuitardo.

**CUADRO Nº 19**

Formación	Estado inicial	Estado actual
Serie I	20 % menos de 10 l/seg. 66 % entre 10 - 23 l/seg.	37 % se secaron 28 % menos de 3 l/seg. 35 % entre 3 - 27 l/seg.
Serie II	12 % menos de 3 l/seg. 20 % entre 3 - 10 l/seg. 23 % entre 10 - 20 l/seg.	50 % se secaron 17 % menos de 3 l/seg. 17 % entre 3 - 13 l/seg.
Serie I y II (indiferenciada)	12 % menos de 3 l/seg. 30 % entre 3 - 30 l/seg.	52 % se secaron 22 % menos de 3 l/seg. 16 % entre 3 - 30 l/seg.
Serie Cañadas	40 % menos de 3 l/seg. 20 % entre 3 - 10 l/seg. 28 % entre 10 - 30 l/seg.	30 % se secaron 50 % menos de 3 l/seg. 10 % entre 3 - 10 l/seg.
Series Modernas	52 % menos de 3 l/seg. 20 % entre 2 - 12 l/seg.	16 % se secaron 65 % menos de 3 l/seg.
Brecha "mortalón"	65 % menos de 3 l/seg. 25 % entre 3 - 13 l/seg.	80 % menos de 3 l/seg. 20 % entre 3 - 10 l/seg.

### 3.7.3. Hidrodinámica

Las leyes de la hidrodinámica clásica son, en principio, aplicables a los medios homogéneos isótropos. Como se ha visto anteriormente, los acuíferos volcánicos de Tenerife son heterogéneos y anisótropos; sin embargo, se han utilizado las fórmulas clásicas en todos los cálculos, por lo que los resultados obtenidos se han de analizar con precaución.

La Ley de Darcy suministra los conceptos básicos necesarios para casi todos los estudios cuantitativos de aguas subterráneas, y, de acuerdo con ella, el flujo laminar del agua es directamente proporcional al gradiente hidráulico. En el tipo de terrenos heterogéneos que consideramos no se puede excluir la existencia de flujo turbulento, por lo menos en las fisuras secundarias principales; en cuyo caso el flujo es proporcional a la raíz cuadrada del gradiente. Sin embargo, a escala regional si se considera la totalidad del macizo rocoso, el papel de las fracturas



individuales es menos importante en comparación con las características más homogéneas de la formación, y puede aceptarse que se tienen condiciones similares a las del flujo laminar.

Se ha efectuado un estudio hidrodinámico detallado del valle de Güímar por medio de ensayos de bombeo y observación de la influencia de la marea. Estas investigaciones han puesto de relieve que a pesar de las características heterogéneas y anisótropas de los acuíferos volcánicos de esa región, se puede vislumbrar una cierta homogeneidad del comportamiento hidráulico a partir de las siguientes observaciones.

- Las isopiezas de las superficies freáticas medias (de agosto de 1972) son paralelas entre sí, situación ésta similar a la que se tiene en acuíferos homogéneos clásicos.
- Las isolíneas de igual eficiencia a la marea y de igual retraso son también paralelas entre sí (Gráfico TE- 3.2).

El espesor de la zona acuífera en el valle de Güímar es desconocido y por ello se ha tomado como espesor saturado el del agua dulce situada por encima de la interfase, cuya posición se ha estimado aplicando la relación de Ghyben - Herzberg. Para la evaluación de ensayos de bombeo en pozos de gran diámetro, se ha empleado el método de Theis, modificado por Papadopoulos y Cooper (1967), y en los casos oportunos se ha tenido en cuenta la penetración parcial (Numerov y Aravin, 1955). En la mayoría de estos pozos existen pequeñas galerías y sondeos de pequeño diámetro. No obstante, se ha encontrado que estas pequeñas galerías pueden ser consideradas como una continuación vertical del pozo una vez que se han tenido en cuenta los efectos de almacenamiento en el pozo y la penetración parcial.

Las curvas de descenso y recuperación obtenidas en los gráficos de los ensayos de bombeo muestran dos partes, una que corresponde al almacenamiento del pozo-galería, y otra a las características del acuífero (Gráfico TE- 3.3). El volumen de agua almacenada en los sondeos laterales es despreciable.

En el cuadro núm. 20 se indican los valores calculados de T con el método de Theis y la fórmula de Numerov y Aravin.

Las características de los acuíferos costeros se pueden estudiar por medio de los métodos de la influencia de la marea (Ferris et al). La identificación de las propiedades del acuífero utilizando la respuesta a la marea de los niveles del agua subterránea involucra conjuntamente al coeficiente de almacenamiento S y a la transmisividad T. Puesto que ambos parámetros son desconocidos, se calcula la relación entre ellos, T/S, denominada difusividad.

Para diversos ciclos de marea, se han obtenido en cada pozo diferencias pequeñas. En el cuadro núm. se indica la media de dichos valores.

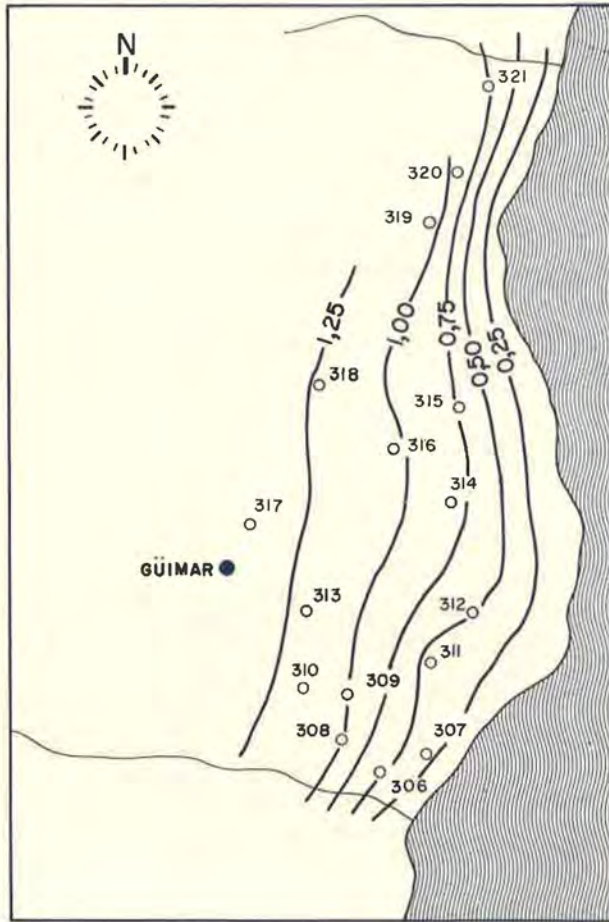
El método del tiempo de retraso emplea el retraso existente entre el momento en que se produce la marea alta o la marea baja del agua superficial y la correspondiente máxima o mínima del nivel del agua en el pozo.

Ferris demuestra que utilizando el tiempo de retraso, se puede calcular T por medio de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{0,08 x^2 t_0 S}{t_x^2}$$

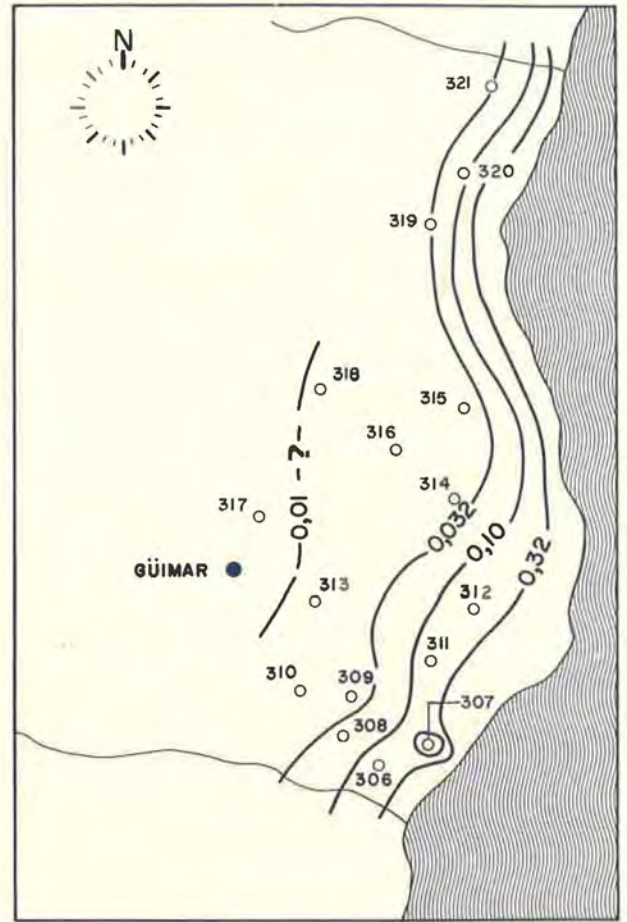


# NIVELES PIEZOMETRICOS Y EFICIENCIA A LA MAREA EN EL VALLE DE GUIMAR



NIVELES PIEZOMETRICOS

(Agosto 1972)



EFICIENCIA A LA MAREA

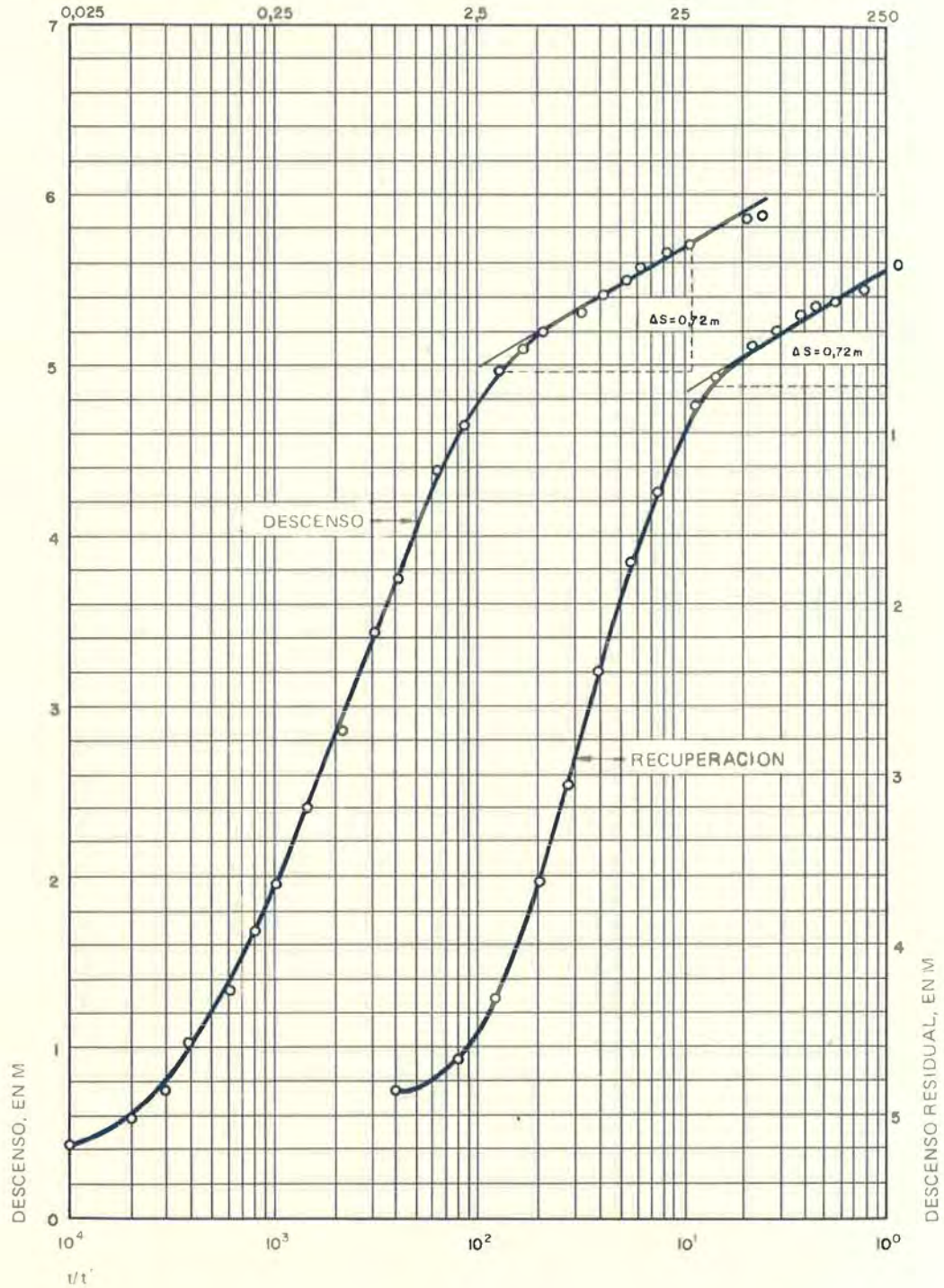
(s x/s o)

○ Pozo y número de referencia  
308



# ENSAYO TIPICO DE DESCENSO Y RECUPERACION

TIEMPO A PARTIR DEL COMIENZO DEL BOMBEO, EN HORAS



$$Q = 1.500 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\Delta S = 0,72 \text{ m}$$

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta S} = 381 \text{ m}^2/\text{día}$$

NOTA.- Estos ensayos se efectuaron en el pozo El Socorro. El de recuperación se realizó el 15 de septiembre de 1972; el de descenso entre los días 16 a 19 de Septiembre de 1972



CUADRO Nº 20

Propiedades hidráulicas del acuífero del Valle de Güimar

Pozo		Geología	Profundidad calculada de la interfase (m)	Gradiente hidráulico %	T (m <sup>2</sup> /día)		T/S ( $\frac{m^2/día}{100}$ )		S (‰)			
					Método de Theis	Método de Aravin	Eficiencia a la marea	Tiempo de retraso	Theis		Numerov y Aravin	
Nº de archivo	Nombre											
10.118.01	Puertito de Güimar	Aluv.	12,8	0,40	Improd.		1.320	1.720				
	Las Rosas	Basalt.	19,2	0,37	3.560	2.479	10.090	8.220	0,35	0,43	0,25	0,30
10.118.04	Blanco	Basalt.	40,4	0,39	51.299	198.465	10.200	32.240	5,03	1,59	19,45	18,9
10.118.02	Jagua	Basalt.	46	0,27	15.900	3.929	32.880	47.920	0,48	0,33	0,12	0,08
	El Viento	Aluv.	39,6	0,30	2.580	831	9.230	28.610	0,28	0,09	0,09	0,039
10.118.05	La Montañeta	Basalt.	18	0,20	33.516	48.572	38.620	24.370	0,87	1,37	1,26	1,99
10.104.01	Cueva Honda	Basalt.	20	0,22	8.240	2.124	27.960	40.930	0,29	0,20	0,08	0,52
10.104.02	Cataño	Basalt.	48	0,22	5.900	20.228	27.100	54.260	0,22	0,11	0,75	0,37
10.104.03	El Socorro	Aluv.	33,6	0,29	380	189	8.020	21.930	0,05	0,027	0,02	0,019
	La Molineta	Aluv.	29,2	0,33	440		3.970	11.100	0,11	0,04		
10.090.03	Agustín	Basalt.	49,6	0,22	4.389	16.048	29.940	51.050	0,15	0,08	0,54	0,31
10.118.03	Candelaria	Basalt.	42,8	0,61	2.600	3.114	3.830	10.960	0,68	0,23	0,81	0,28
09.075.06	Algarrobe	Basalt.	32	0,53	35.910	26.631	6.990	22.390	5,14	1,60	0,048	1,19
09.075.05	Iguste	Basalt.	27,2	0,36	720	3.285	2.830	11.210	0,25	0,06	0,027	0,29
	M e d i a			0,34	12.725,7	27.158 (11.584)*	15.213	26.209	1,07 (0,74)*	0,47 (0,38)*	1,95 (0,36)*	2,01 (0,49)*

\* Prescindiendo del Pozo Blanco.



siendo:

$$t_0 = 0,517 \text{ días}$$

$$t_x = \text{tiempo de retraso en el pozo}$$

$$x = \text{distancia a la costa}$$

Los tiempos de retraso en cada pozo para ciclos diferentes de marea consecutivos, son ligeramente diferentes por lo que también se han aceptado los valores medios.

Los valores de T obtenidos por los dos métodos mencionados, sólo en raras ocasiones son aproximadamente semejantes, (cuadro núm. ). Se puede ver una gran variación local en el mismo acuífero basáltico en esta zona costera. Los valores medios, si se excluye el método de tiempo de retraso, varían entre 11.000 y 15.000 m<sup>2</sup>/día; estos valores se refieren principalmente a los Basaltos Antiguos de la Serie II, así como a algunos materiales aluviales intercalados.

El coeficiente de almacenamiento se calculó con la transmisividad obtenida por los métodos de Theis y de Numerov y Aravin, y los valores de T/S fueron obtenidos a través de la eficiencia a la marea y del tiempo de retraso.

Con la excepción de un solo pozo (Pozo Blanco), los valores de S son generalmente inferiores a 0,01. La estimación es en todo caso grosera, ya que como se recordará solamente se ha considerado una parte del espesor del acuífero.

No se han estudiado las características hidráulicas de otras zonas de la isla. Sin embargo, pueden hacerse algunas estimaciones de la transmisividad en áreas suficientemente extensas, utilizando la Ley de Darcy.

Los valores obtenidos se recogen en el cuadro núm. 21.

**CUADRO Nº 21**

Región	Formación rocosa	Gradiente hidráulico	Extracción anual (Hm <sup>3</sup> )	T estimada (m <sup>2</sup> /día)
Güímar	Basaltos Antiguos I	0,15	15	27
Güímar (Costa)	Basaltos Antiguos II	0,0003	6,3	6.300
Orotava	Basaltos Antiguos II	0,18	38	74
Fasnia	Basaltos Antiguos II y Serie Cañadas	0,18	34	56
Erque	Serie Cañadas, Traquibasaltos y Basaltos Antiguos I	0,18	8	13
Tigaiga	Cañadas y Traquibasaltos (contacto con brechas)	0,17	8	28
Icod	Basaltos Antiguos II	0,13	22	58
La Victoria - Tacoronte	Basaltos Antiguos I y II	0,13	19	44
La Esperanza - (Ladera Sur)	Basaltos Antiguos I y II	0,16	7	20



Estos valores medios muestran un incremento gradual desde los traquibasaltos de Las Cañadas a los Basaltos Antiguos de la Serie II.

El valor obtenido por este procedimiento para el acuífero costero de Güímar es solamente un poco inferior a la media de los del cuadro núm. 20.

La descarga al mar se ha estimado utilizando la fórmula anterior y los valores de transmisividad media regional, con los resultados que se indican en el cuadro núm. 22.

CUADRO Nº 22

Región	T establecida (m <sup>2</sup> /día)	Gradiente hidráulico	Anchura de la sección de flujo (Km)	Descarga (m <sup>3</sup> /seg)
Zona Dorsal; Ladera Norte	40	0,15	30	2,1
Zona Dorsal; Ladera Sur	50	0,15	30	2,6
Sector Sur	20	0,12	25	0,7
Teide: Ladera Norte	30	0,17	17	1,0
Anaga	20	0,11	17	0,9
Teno	20	0,10	10	0,5
				<hr/>
				7,8
				= 264 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año

Naturalmente, estos valores deben considerarse como aproximados.

Utilizando un valor de la transmisividad de 30 m<sup>2</sup>/día y un espesor de 300 m. para las formaciones post-miocenas, se deduce una conductividad hidráulica de 0,1 m/día. Con un coeficiente de almacenamiento de 0,05 la velocidad del agua sería de 0,3 m/día, o sea 110 m/año.

Realizando cálculos similares para los Basaltos Miocenos situados bajo esta zona, con una transmisividad de 25 m<sup>2</sup>/día y un espesor del acuífero de 500 m, se obtiene una velocidad de 55 m/año. Por tanto puede concluirse que el agua alcanzará las zonas más profundas de la zona saturada del centro de la isla en unos 15 años, si se excluye el movimiento del agua en la zona no saturada.

El análisis de las muestras de tritio, tomadas en esas regiones centrales muestran valores muy bajos, (generalmente de menos de 1 UT), lo que indica una edad del agua superior a 20 años, en correspondencia con las consideraciones anteriores.



### 3.7.4. Recursos y reservas

El flujo de aguas subterráneas al mar es del orden de  $250 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , según se acaba de estimar.

Se ha realizado una estimación por regiones de las posibles reservas, teniendo en cuenta a las formaciones Miocenas y Post-Miocenas del acuífero de la isla, que totalizan  $650 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ . El coeficiente de almacenamiento supuesto es de 0,05, del que se deduce una reserva total de  $3.250 \text{ Hm}^3$ .

Se pueden obtener algunas evidencias de la descarga al mar a partir del balance de agua subterránea. Es posible alguna salida procedente del área de Las Cañadas - Teide en las franjas costeras entre Icod y San Juan de La Rambla. En la costa sur, entre Faro de Abona y La Caleta, es posible también la existencia de algunas descargas. Sin embargo el máximo excedente se encuentra en la "Región Dorsal" tanto en las laderas meridionales como septentrionales y aquí es donde se pueden esperar pérdidas al mar importantes.

Los resultados obtenidos del reconocimiento termográfico infrarrojo de los días 5 a 7 de mayo de 1971 dan resultados pobres como puede verse en el informe correspondiente. Sin embargo la interpretación de esos fotogramas revela un gran número de anomalías térmicas, en las que se mezclan los efectos de corrientes, efluentes de la actividad humana y descargas reales. En la costa sur se encuentra un predominio de descargas calientes, mientras que en la costa septentrional dominan los efluentes fríos. En esta última, algunas de las descargas que aparecen en la zona de Tacoronte pueden representar surgencias submarinas. La temperatura del agua subterránea en las proximidades de la costa varía desde  $19$  a  $22^\circ\text{C}$ , siendo del mismo orden de magnitud que las del agua marina. Por lo tanto la descarga de agua subterránea puede formar sólo efluentes débilmente fríos. En la lámina TE-3.4 puede verse la distribución general de las anomalías térmicas costeras.

En una isla como Tenerife, donde los acuíferos costeros son generalmente transmisivos, la descarga de agua subterránea está ampliamente controlada por las fluctuaciones del nivel del mar a causa de las mareas. El descenso de la marea alta dura unas tres horas, durante las cuales deben aparecer las surgencias costeras. De todas maneras se debe tener en cuenta que durante el primer período de descarga, el agua marina que había penetrado en el acuífero es de nuevo expulsada y, por lo tanto, el tiempo óptimo de detección será de sólo 1 a 2 horas antes de la marea baja. Así pues, si en el futuro se va a repetir este tipo de reconocimiento, es mejor escoger el mes de septiembre u octubre, cuando las temperaturas del agua marina son más elevadas ( $23$  a  $24^\circ\text{C}$ ) y cuando las mareas son mejores. El momento óptimo con referencia a las mareas se indica en el cuadro núm. 23.

### 3.7.5. Sondeos de exploración

Se han realizado 24 sondeos de exploración durante el desarrollo del proyecto en cinco zonas: Las Cañadas, Valle de San Lorenzo, Valle de La Orotava, Anaga y Guía de Isora, tal como aparece en la lámina TE-3.5.

Los sondeos se perforaron con máquinas rotativas del Servicio Geológico de Obras Públicas. Los diámetros de perforación fueron de 2,5 a 3 pulgadas. Se obtuvieron muestras del



terreno siempre que fue posible, y de agua a diferentes profundidades. En algunos se realizaron también testificaciones de salinidad y temperatura.

**CUADRO Nº 23**

Fecha del reconocimiento termográfico	Marea alta (máx.)	Marea baja (máx.)	Período de máxima descarga (calculado)	Período óptimo de reconocimiento	Período de reconocimiento
	Hora local m.	Hora local m.			
5 de Mayo 1971		4.30 1,60			
	10.30 2,68				
		16.45 1,71	13.45 - 16.45 h.	15.45 - 16.45 h.	17.00 - 19.10 h.
	22.45 2,81				
7 de Mayo 1971		5.30 1,41	2.30 - 5.30 h.	4.30 - 5.30 h.	5.30 - 9.30 h.
	11.30 2,82				
		17.30 1,41			
	23.45 2,84				

En el cuadro núm. 24, se facilita alguna información sobre los principales sondeos y en la lámina TE-3.5 algunas columnas litológicas.

Además de estos sondeos de reconocimiento se han realizado numerosas perforaciones en galerías, para estudios hidrodinámicos y de piezometría, en particular en las galerías Los Catalones y Arepo II.



**CUADRO Nº 24**  
Características de los sondeos

Zona	Designación	Localización	Cota	Distancia al mar	Profundidad	Nivel	Fecha	Observaciones
Las Cañadas	C - 1	Cruz de Tea	2.057	12.500	280,0	Seco	8/75	Ha descendido 5,7 m. en dos años
	C - 2	Chafari	2.063	14.000	215,8	Seco	8/75	
	C - 3	Ucanca	2.014	16.000	166,7	87,9	8/75	
	C - 5	El Portillo	2.057	11.250	152,0	Seco	8/75	
San Lorenzo	S - 1	Cañada Blanca	75	3.160	100,0	71,1	8/75	No reacciona con la marea
	S - 2	Cho	134	4.500	166,5	132,1	6/73	No reacciona con la marea
La Orotava	O - 1	Bco. de Los Pastores	85	300	137,0	84,3	8/75	Oscila 0,5 m. con un retraso de 13 horas
	O - 2	Bco. de Los Pastores	180	1.500	230,0	128,3	8/75	
Guía de Isora	G - 1		95	1.200	124,0	98,5	9/75	Oscila 0,1 m. con un retraso de 5 horas
	G - 2		212	2.000	225,4	120,0	8/75	
Güímar	SO - 1	Pozo Las Rosas	39	690	66,5	38,8	9/75	Oscila 0,17 m.
	SO - 2	Pozo Las Rosas	38	670	70,0	37,5	9/75	Oscila 0,50 m.
	S - 1	Pozo Blanco	97	1.400	117,0	96,2	9/75	Oscila 0,10 m.
	S - 2	Pozo Blanco	92	1.380	115,0	91,2	9/75	Oscila 0,10 m.
Anaga	A - 1	Bco. de Santos	130	2.600	148,0	116,0	3/71	106 ppm de Cl <sup>-</sup>
	A - 3	Bco. de Valle Seco	110	1.500	140,3	115,5	8/75	96 ppm de Cl <sup>-</sup>
	A - 5	Bco. de Jagua	166	860	100,0	70,5	9/75	284 ppm de Cl <sup>-</sup>
	A - 6	Bco. de San Andrés	67	1.250	98,0	1,3	9/75	174 ppm de Cl <sup>-</sup>
	A - 7	Bco. del Moral	115	340	124,8	70,8	1/74	66 ppm de Cl <sup>-</sup>
	A - 9	Bco. de Igueste	102	1.800	115,0	30,7	1/75	92 ppm de Cl <sup>-</sup>
	A - 10	Bco. del Río	95	1.000	108,0	92,9	9/75	
	A - 11	Bco. Seco	112	1.200	128,0	111,6	9/75	89 ppm de Cl <sup>-</sup>
	S - 13	Bco. de Anchueta	150	2.100	100,0	99,8	5/70	
	S - 01	Bco. de Las Huertas	138	2.400	103,7	107,2	5/75	555 ppm de Cl <sup>-</sup> . Es surgente



## 4. RECURSOS HIDRAULICOS

### 4.1. Recursos superficiales

#### 4.1.1. Capacidad de embalse

El aprovechamiento de recursos superficiales es muy escaso por la dificultad de encontrar buenos vasos y por el pequeño coste del agua producida mediante galerías.

En el cuadro núm. 25 se relacionan los embalses y depósitos de capacidad superior a 75.000 m<sup>3</sup>, que, en general, se llenan con aguas procedentes de galerías. En el inventario llevado a cabo por el Proyecto se recogieron, además, los datos de otros 79 depósitos de capacidad inferior a 75.000 m<sup>3</sup>.

CUADRO Nº 25

Nombre	Municipio	Cuenca afluente en km <sup>2</sup>	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Altura máxima (m)
Abama o Garcés	Guía de Isora	1,8	100.000	20
Ancón	Arona	6,7	150.000	15
Atalaya o Los Olivos	Adeje	-	105.000	10
Los Campitos	Santa Cruz de Tenerife	1,3	2.781.000	49
Ciguaña	Granadilla	0,3	150.000	15
Charca de Ascanio	La Orotava	-	250.000	20
Charca de Cabo Blanco	Arona	5,2	95.000	15
Charca del Cuchillo	Santa Cruz de Tenerife	6,2	175.000	15
Charca de Jiménez o Tamaide	San Miguel	6,0	100.000	25
Charca de Tabares	La Laguna	1,1	125.000	15
Chafoya	Arona	-	100.000	-
Barranco de La Granja	Arafo	2,4	137.000	25
Pasada del Camello	Guía de Isora	7,8	73.000	21
Curbelo o Presa Nueva	Adeje	2,6	225.000	20
Presa Vieja	Adeje	1,3	78.000	10
Tahodio	Santa Cruz de Tenerife	5,9	400.000	40
Tijoco	Adeje	0,5	120.000	15
<b>T o t a l</b>			<b>5.164.000</b>	



La capacidad de embalse total, contando los aljibes y depósitos menores, es considerable, como se aprecia en el cuadro núm. 26 elaborado a partir de encuestas efectuadas en 1969 y 1972. Quizá lo más notable de reseñar en este cuadro sean las diferencias que se observan entre ambas fechas, reveladoras de la existencia de errores importantes en las respuestas.

En cualquier caso, como todos estos embalses, depósitos y aljibes se llenan casi en su totalidad con agua de galerías, el aprovechamiento de aguas superficiales sólo se ha estimado en 2 Hm<sup>3</sup>/año.

CUADRO Nº 26

Término municipal	Capacidad de embalse en m <sup>3</sup>		Nº de tomaderos	Caudal máximo autorizado en l/seg.
	Encuesta de 1969	Encuesta de 1972		
Adeje	1.029.715	12.000	10	10.000
Arafo	433.500	-	-	-
Arico	93.300	304.300	-	-
Arona	920.000	960.000	12	15.000
Buenavista	210.212	350.000	3	125
Candelaria	522.000	4.350	-	-
Fasnia	330.000	360.000	-	-
Garachico	95.000	89.371	-	-
Granadilla	1.129.500	-	3	200
La Guancha	88.300	-	1	-
Guía de Isora	870.000	1.262.800	1	350
Güímar	926.382	3.600	-	-
Icod de Los Vinos	432	4.500	-	-
La Laguna	884.674	15.312	5	1.000
La Matanza	2.160	12.960	-	-
La Orotava	250.000	625.700	1	200
Puerto de La Cruz	2.300	33.590	-	-
Los Realejos	7.900	100.000	-	-
El Rosario	8.120	-	-	-
S. Juan de La Rambla	-	1.120	1	1.000
San Miguel	499.000	330.000	-	-
Santa Cruz de Tenerife	484.000	-	7	500
Santa Ursula	-	25.000	-	-
Santiago	576	60.000	-	-
El Sauzal	12.500	12.500	-	-
Los Silos	589.700	-	2	1.000
Tacoronte	130.000	150.000	3	300
El Tanque	-	12.500	-	-
Tegueste	107.500	89.950	2	2.500
La Victoria	50.463	-	-	-
Vilaflor	-	90.000	1	200
<b>Total</b>	<b>9.087.454</b>	<b>4.909.553</b>	<b>51</b>	<b>32.375</b>



Existen aún vasos aceptables en diversos puntos de Tenerife, en particular en los macizos de Anaga y Teno, pero no parece posible aumentar de forma sustancial el aprovechamiento de las aguas superficiales de manera directa. Mayores perspectivas ofrece la construcción de depósitos para almacenamiento de los excedentes de galerías y la recarga artificial de los caudales invernales.

En el mismo cuadro núm. 26 se relacionan también los 51 tomaderos autorizados, que pueden derivar en teoría más de 32.000 l/seg.

#### **4.1.2. Red de distribución**

La red de distribución es amplísima, habiéndose inventariado en el Proyecto más de 2.600 km. de canales, que se han reflejado en los mapas escala 1:25.000 del Inventario Hidrológico. La red real debe tener unos 2.800 km, contando los tramos no inventariados.

Unos 1.000 km. corresponden a los canales de trasvase, que son los de mayor longitud y sección. Cada uno de ellos toma agua de varias galerías, transportándola a zonas distantes. Están contruidos por Comunidades creadas con este fin, que los explotan cobrando un canon por su utilización, generalmente un % del agua que transportan (del orden del 10 %). La sección varía de 0,5 X 0,5 m<sup>2</sup> hasta 1,0 X 1,0 m<sup>2</sup> y sus pendientes del 6 al 10‰.

Unos 1.500 km. son bajantes de galerías, que llevan el agua desde bocamina hasta su entronque con el canal de trasvase, o hasta su zona de utilización. Suelen tener una sección de 0,40 X 0,40 y elevadas pendientes que pueden llegar al 30 ‰.

Existen por último unos 50 km. de canales de dimensiones similares a las anteriores aunque con pendientes menores, y unos 150 km. de tuberías, que sirven para conducir el agua de los pozos.

Se puede estimar que del 60 % al 70 % del agua de las galerías tiene posibilidad de circular por los canales de trasvase citados en primer lugar. Por tanto, esta fracción del caudal que proporcionan las galerías puede ser distribuida ampliamente por la superficie de la isla, debiéndose utilizar el resto en zonas más restringidas en la inmediación de las bocaminas de las galerías.

### **4.2. Recursos subterráneos**

#### **4.2.1. Inventario hidrológico**

Uno de los trabajos más importantes realizados por el Proyecto y que mayor utilidad ha de tener en el futuro, ha sido la confección de un detallado Inventario Hidrológico, plasmado en 17 hojas DIN-A-1 en off-set a 5 colores.

La topografía se ha obtenido por reducción fotográfica del 1:5.000 fotogramétrico, propiedad del Cabildo Insular y se ha actualizado totalmente en su red de carreteras, caminos vecinales y pistas forestales. La información recogida en estos planos se puede resumir, por planchas, de la siguiente forma:



**Plancha negra**

- Caminos vecinales .....	520 km.
- Pistas forestales .....	634 km.
- Vértices geodésicos .....	112
- Vértices topográficos .....	254

**Plancha roja**

- Autopistas .....	47 km.
- Carreteras asfaltadas, o sin asfaltar con más de 7 m. de ancho .....	988 km.
- Carreteras en proyecto .....	30 km.
- Enlaces .....	10
- Faros .....	4
- Casas forestales .....	22
- Miradores turísticos .....	14
- Urbanizaciones .....	24

**Plancha azul**

- Embalses de capacidad superior a 75.000 m <sup>3</sup> .....	15
- Embalses o depósitos de capacidad inferior a 75.000 m <sup>3</sup> .....	79
- Embalses en proyecto .....	10
- Pluviómetros .....	48
- Totalizadores .....	6
- Pluviógrafos .....	7
- Estaciones evaporimétricas .....	5
- Estaciones completas .....	6
- Aforadores .....	6
- Tomaderos .....	51
- Canales .....	2.640 km.

**Plancha verde**

- Simas volcánicas .....	1
- Cuevas volcánicas .....	5
- Nacientes .....	93
- Pozos .....	263
- Galerías de pozo .....	7 km.
- Galerías .....	933
- Longitud de galerías .....	1.307 km.



#### 4.2.2. Manantiales

Sólo se han inventariado los que suponían un razonable trabajo de localización y acceso; en total 98, repartidos por términos municipales como se indica en el cuadro núm. 27.

CUADRO Nº 27

Término Municipal	Nº de manantiales	Caudal total (l/seg)
Adeje	5	20,8
Arafo	1	-
Arico	9	4,5
Buenavista	1	1,0
Garachico	11	25,0
Granadilla	8	15,1
Güímar	1	-
Guía de Isora	2	-
La Laguna	2	16,0
La Orotava	3	-
Los Realejos	8	9,2
San Juan de La Rambla	1	-
Santa Cruz de Tenerife	12	3,5
Santa Ursula	22	1,9
Santiago del Teide	3	-
El Sauzal	3	4,9
Los Silos	1	-
La Victoria	4	-
Vilaflor	1	-
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>101,9</b>

Los mayores son los del Barranco del Infierno (Adeje), la Fuente de Tejina (La Laguna), Aguas Bajas (Garachico), Barranco del Río (Granadilla) y Lavaderos (El Sauzal), con caudales variables entre 4 y 18 l/seg. Hay que hacer la salvedad de que muchos nacientes importantes, como los de Aguirre (Sta. Cruz de Tenerife), están inventariados como galerías, por tener pequeños socavones para mejorar el aprovechamiento.

Nunca ha debido haber muchos manantiales en la isla de Tenerife, ya que el Doctor Déniz en su inédito "Resumen histórico descriptivo de las Islas Canarias" (1840), cifra los Heredamientos de Gran Canaria en 140 y los de Tenerife en 8. El más destacable entre ellos es el de La Orotava, "que tuvo su origen en el reparto hecho el 10 de octubre de 1501, correspondiente a los nacientes de Aguamansa, llamados el Río de La Orotava o nacientes de la Dula". (M. Guimerá Peraza. 1970).

En la encuesta realizada en 1969 se contabilizaron 135 manantiales, con un caudal total medio de 174 l/seg; los 52 principales se relacionan en el cuadro núm. 28.



**CUADRO Nº 28**  
Manantiales principales

Situación (Término Municipal)	Nombre	Cota aproximada (m)	Uso del agua o sistema de distribución	Caudal aproximado		
				Invierno (m <sup>3</sup> /h)	Verano (m <sup>3</sup> /h)	Total 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año
Adeje	Madre del Agua	1.200	Canal Heredad	4,80	2,40	31,536
Adeje	Bco. del Infierno	975	Canal Heredad	62,40	76,80	609,696
Aríco	Los Andenitos	1.500	Doméstico	7,20	2,40	42,048
Aríco	Los Riachuelos	1.300	Doméstico	9,60	2,88	54,662
Aríco	Madre del Agua	1.200	Doméstico	4,80	1,92	29,433
Aríco	Las Fuentes	500	Doméstico	9,60	0,96	46,252
Aríco	La Vica	500	Doméstico	1,44	0,48	8,409
Garachico	Ftes. del Guíncho	300 - 400	Canal de la costa y tuberías	36,00	38,40	325,872
Garachico	Nicolás Pinela V. Grande	200 - 450	Idem. tub. priv. c. Guía - Los Silos	62,40	67,20	567,648
Garachico	Aguas Bajas	75 - 150	Idem.	38,40	43,20	357,408
Garachico	Batanes y Corbera	50 - 120	Idem.	8,64	9,60	79,891
Garachico	Agua Blanca	180 - 185	Idem.	19,20	22,08	180,806
Granadilla de Abona	Fte. de Guajara	1.800	Bco. del Río	5,28	3,36	37,843
Granadilla de Abona	Bco. del Río	1.600	Bco. del Río	43,20	19,20	273,312
Granadilla de Abona	Corralito	1.600	Madre del Agua	4,80	2,88	33,638
Granadilla de Abona	Agua Arenas Las Vegas	1.500	Madre del Agua	2,88	1,92	21,024
Granadilla de Abona	Las Perceberas	1.500	Madre del Agua	9,60	5,76	67,276
Granadilla de Abona	Bco. Madre del Agua	1.500	Madre del Agua	12,00	7,20	84,096
Granadilla de Abona	Bco. La Fuente	600	Doméstico	1,44	0,48	8,409
Granadilla de Abona	Fte. La Higuera	600	Doméstico	2,88	1,44	18,921
Guía de Isora	Chavao	1.875	No se utiliza	1,92	0,96	12,614
Guía de Isora	El Cedro	1.950	No se utiliza	1,44	0,96	10,512
Guía de Isora	Galante	1.800	No se utiliza	0,96	0,48	6,307
Guía de Isora	Madre del Agua	1.750	Mta. Cedro	2,40	1,44	16,819
Icod de los Vinos	Madre del Agua	430	Tubería	13,38	10,70	105,470
Icod de los Vinos	Dornajos	300	Tubería	5,02	12,05	74,810
Icod de los Vinos	Bebederos	420	Tubería	4,32	10,26	63,860
Realejos	La Fajana		Tubería	86,40		756,864
Realejos	Gordejuela			76,80		672,768
Realejos	La Torre			4,80		42,048
Realejos	Roque			9,60		84,096
El Rosario	Berros y Gavilanes	900	Tubería	0,96	0,48	6,307
La Esperanza	Zamorano	870	Tubería	0,48	-	4,204
Santa Cruz	Aguirre	600 - 800	Tubería	42,24	19,68	271,209
Santa Ursula	La Namera	400	Granja	0,96	0,48	6,307
Santa Ursula	Los Sauces	400		0,96	0,48	6,307
Santa Ursula	Los Garabatos	600	Tubería pública	0,96	0,48	6,307
Santa Ursula	El Tilde	800	Tubería pública	0,96	0,48	6,307
Santa Ursula	La Lapa	900	Tubería pública	0,96	0,48	6,307
Santa Ursula	Carcelón	900	Tubería pública	0,96	0,48	6,307
Santa Ursula	Risco Atravesado	1.800		0,48	0,24	3,153
Santa Ursula	Chimaque	1.600		0,24	-	1,051
El Sauzal	Lavaderos	250	Riego	24,00	12,00	157,680
El Sauzal	Fuente Fría	1.500	Riego	0,48	0,48	4,204
El Sauzal	El Drago	700	Riego	0,48	0,48	4,204
El Sauzal	Fuente Ravelo	900	Riego	0,48	0,48	4,204
El Sauzal	Rojas		Riego	0,24	0,24	2,102
Tacoronte	Madre del Agua	800	3 captaciones públicas	1,44	1,44	12,614
Tegueste	La Quebrada	650	Doméstico	8,16	3,36	50,457
Tegueste	Zapata	648	Doméstico	2,40	0,96	14,716
Vilaflor	Pegueros	2.500	Doméstico	7,20	1,92	39,945
Vilaflor	Bco. Cuervo	1.600	Suministro de agua a Escalona	28,80	1,92	134,553
<b>T o t a l</b>	<b>135</b>					<b>5.472,793</b>



### 4.2.3. Pozos

En la isla de Tenerife los pozos son un sistema secundario de extracción de aguas subterráneas (13 % del total), sin embargo su importancia va siendo creciente tras los éxitos obtenidos últimamente con los pozos costeros.

Se pueden distinguir dos tipos de pozos: los costeros y los de la vega de La Laguna. No se consideran por su falta de interés práctico los pozos en galerías. El cuadro núm. 29 indica los caudales y longitudes de los diferentes tipos de pozos.

**CUADRO Nº 29**

Tipo	Número	Perforación vertical total (Km)	Caudal extraído (l/seg)
Pozos costeros	157	11,9	902
Pozos de la Vega de La Laguna	110	1,6	8
Pozos en el interior de galerías	15	0,5	-
<b>T o t a l</b>	<b>282</b>	<b>14,0</b>	<b>910</b>

Los pozos de la vega de La Laguna explotan un pequeño acuífero sedimentario de unos 2 km<sup>2</sup> situado al norte del núcleo de la población. Entre los 110 pozos existentes, de 1,63 km. de longitud acumulada, sólo se extraen 8,4 l/seg, utilizados para riego de pequeñas huertas y jardines. Estos pozos tienen diámetros comprendidos entre 1,5 m. y 5 m. y sus profundidades varían de 5 m. a 25 m. Hay 85 pozos con motobombas de 1 a 3 CV, que suelen funcionar unas 320 horas al año.

Los restantes pozos de la isla (157) se han denominado pozos costeros, ya que prácticamente lo son todos.

De los 157 pozos costeros que se estudiarán a continuación, hay 67 en explotación, 36 secos, 21 en los que se está trabajando, 20 abandonados por tener el agua salinizada y 13 abandonados por diversas causas (caudal pequeño, clausurados, salobres, etc). Del agua extraída en estos pozos, el 82 % es para la agricultura y el 18 % para abastecimiento urbano.

En el cuadro núm. 30 se relacionan el número de pozos costeros existente en cada término municipal, su profundidad, la longitud de las galerías de fondo y los caudales extraídos.

#### **Características constructivas e instalaciones**

Es corriente que al pozo propiamente dicho, es decir, a la perforación vertical, se añada una o varias galerías de fondo, con una sección parecida a las de las galerías corrientes y longitudes que pueden llegar a 800 m.



CUADRO Nº 30

Término Municipal	Número de pozos	Perforación vertical total (Kms)	Galería de fondo (Kms)	Caudal (l/seg)
Adeje	7	0,69	0,34	14
Arafo	5	0,38	0,39	17
Arico	1	0,08	-	-
Arona	15	0,83	0,14	-
Buenavista	6	0,61	0,39	36
Candelaria	4	0,25	0,14	25
Fasnia	1	0,04	-	-
Garachico	5	0,05	-	-
Granadilla	11	0,39	-	3
La Guancha	1	0,08	0,11	7
Guía de Isora	12	1,68	0,35	176
Güímar	16	1,41	0,06	158
Icod de los Vinos	5	0,09	0,82	7
La Laguna	16	1,54	1,93	148
La Matanza	-	-	-	-
La Orotava	4	0,44	0,03	33
Puerto de La Cruz	4	0,39	0,42	24
Los Realejos	2	0,15	0,20	4
El Rosario	1	0,02	0,20	-
S. Juan de La Rambla	-	-	-	-
San Miguel	4	0,21	-	-
Sta. Cruz de Tenerife	22	1,24	0,18	151
Santa Ursula	-	-	-	-
Santiago del Teide	5	0,50	0,62	39
El Sauzal	-	-	-	-
Los Silos	7	0,39	0,66	23
Tacoronte	-	-	-	-
El Tanque	-	-	-	-
Tegueste	3	0,46	0,43	37
La Victoria	-	-	-	-
Vilaflor	-	-	-	-
<b>T o t a l</b>	<b>157</b>	<b>11,92</b>	<b>7,41</b>	<b>902</b>

Los diámetros están, en casi todos los casos, entre 2 y 3 m. Los revestimientos en las zonas de terreno suelto son bastante frecuentes, ejecutándose a base de piezas de hormigón.

Las instalaciones normales en un pozo son:

- Equipo de bombeo, formado por un motor, casi siempre de explosión (son muy raros los eléctricos), y una bomba centrífuga. El motor, situado en la superficie del terreno, está unido a la bomba por un eje rígido. El equipo de mayor potencia instalado en Tenerife tiene 450 CV.



- Aire comprimido, instalación análoga a la de las galerías.
- Las instalaciones para extracción de gases son muy escasas e iguales a las de las galerías.

El cuadro núm. 31 muestra las instalaciones existentes; en algunos pozos existen dos motores y dos bombas para asegurarse contra averías.

**CUADRO Nº 31**

	Número	Potencia total (CV)	Potencia media (CV)
Bombeo	90*	14.600	162
Aire comprimido	40	1.900	47
Extracción	5	300	60
T o t a l		<u>16.800</u>	

\* Diez de estos equipos están instalados en pozos donde ya existe otra instalación de bombeo.

### Situación

En el gráfico TE-4.1. se representa, en un diagrama cartesiano, la profundidad y la cota de los pozos en explotación. Queda claramente reflejado el hecho de que casi todos los pozos de la isla explotan aguas muy próximas al nivel del mar.

Las posiciones del fondo de los pozos con respecto al nivel del mar, que refleja el gráfico TE-4.1, tienen las imprecisiones lógicas derivadas de que muchos no han sido nivelados, por lo que los errores de cota pueden ser fácilmente de 5 m.

Sobre la superficie de la isla, los pozos se distribuyen muy irregularmente. Generalmente se concentran en las zonas donde es más intenso el cultivo en regadío.

### Caudales

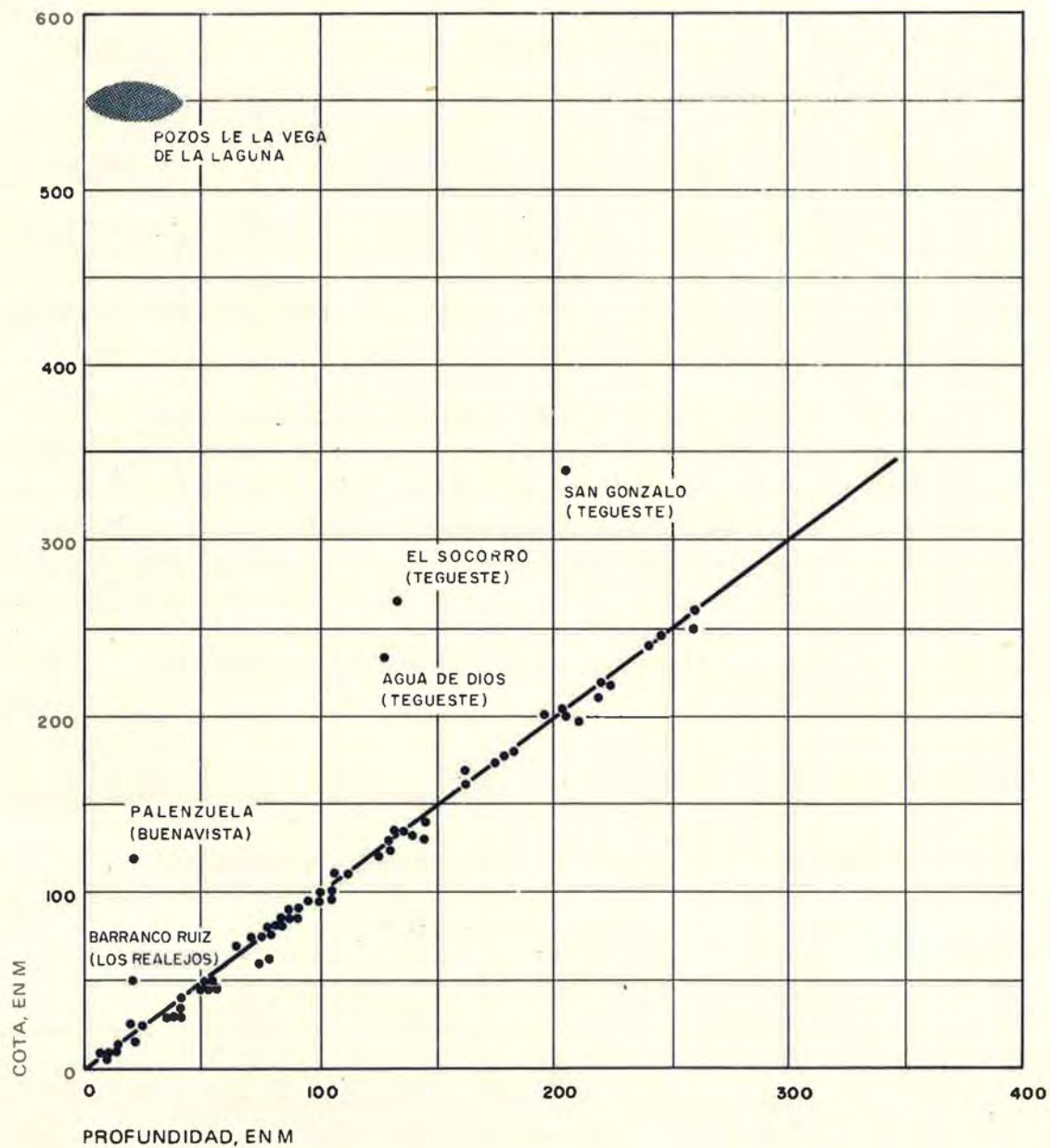
En el cuadro núm. 32 se muestra la distribución de los pozos por sus caudales de bombeo, cuyo máximo es de 70 l/seg.

**CUADRO Nº 32**

Caudal l/seg.	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70
Número de pozos	12	15	19	9	7	2	3
En %	18	22	28	14	11	3	4



# COTA Y PROFUNDIDAD DE LOS POZOS





Según los datos disponibles, la media del número de horas anuales de bombeo es de unas 4.800. Esta media se ha obtenido ponderando el tiempo de bombeo con la extracción anual.

En el cuadro núm. 33 se indican los caudales extraídos de los pozos en función de la profundidad de éstos.

**CUADRO Nº 33**

Profundidad	0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100	100 - 125	125 - 150	150 - 175	175 - 200	200 - 225	225 - 250	250 - 275	275 - 300
Nº de pozos	8	8	6	13	6	12	3	1	8	1	1	0
Caudal l/seg.	28	48	90	122	107	205	65	27	138	37	35	0
Caudal/pozos	3,5	6,0	15,0	9,5	18,0	17,2	22,0	27,0	17,4	37,0	35,0	-

Ponderando la profundidad de cada pozo con el caudal extraído, la profundidad media de los pozos de Tenerife es de 135 m. Por tanto, la energía teórica gastada en bombeos es de unos 10,3 millones de kw/h por año. En este consumo teórico de energía no se tienen en cuenta, lógicamente, rendimientos del equipo de bombeo, pérdidas en conducciones, descensos de niveles, etc. Tampoco se ha considerado la energía gastada en bombear desde el brocal del pozo hasta la zona de utilización.

Por tanto, cada m<sup>3</sup> de agua lleva asociado un consumo teórico de energía de 0,37 kw/h.

#### **Concentración de Cl<sup>-</sup> en el agua de los pozos**

El cuadro núm. 34 muestra la concentración de Cl<sup>-</sup> en las aguas de los pozos costeros de Tenerife.

**CUADRO Nº 34**

Cl <sup>-</sup> (mg/l) entre	0 100	100 200	200 300	300 400	400 500	500 600	600 700	700 800	800 900	900 1.000	1.000 1.500	1.500 2.000	Sin datos
Nº de pozos	10	11	7	6	3	5	4	2	-	2	4	1	12
Caudal total	191	188	57	112	22	88	22	19	-	22	40	6	135
Porcentaje sobre caudal con datos	25	25	7	15	3	11	3	2	-	3	5	1	-
Porcentaje acumulado	25	50	57	72	75	86	89	91	91	94	99	100	-



## Evolución histórica

El cuadro núm. 35 muestra la evolución en este siglo del número de pozos, los kms. perforados profundizando, el caudal de explotación y otros datos.

**CUADRO Nº 35**

Año	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1955	1960	1962	1964	1966	1968	1970	1973
Perforación (Kms)	0,01	0,07	0,1	0,4	0,7	2,1	2,9	4,1	4,7	5,4	6,1	7,0	9,3	11,9
Caudal (l/seg)	1	3	3	30	40	120	150	210	270	320	370	450	650	902
Nº de pozos en explotación	1	5	5	8	10	16	18	23	28	33	36	46	55	67
Caudal de pozos/ Caudal de galerías %	0,6	1,0	0,5	1,7	1,9	3,2	3,2	3,6	4,6	5,4	6,1	7,3	10,4	14,2
Profundidad media de los pozos en explotación (m)	9	9	9	15	15	45	50	80	85	90	95	95	95	105

Los datos anteriores a 1940 pueden tener errores de importancia y deben tenerse como simples estimaciones.

Desde 1960, la perforación de pozos se ha intensificado notablemente. Esa tendencia continúa actualmente, de forma que en estos momentos se construyen no menos de 4 ó 5 pozos por año, con una profundidad total perforada de cerca de 1 km.

La profundidad media ha crecido con el tiempo al irse separando los pozos de la costa, para amortiguar los efectos de la intrusión marina.

### 4.2.4. Galerías

#### Introducción

Desde finales del siglo pasado, las galerías proporcionan la parte más importante del caudal de aguas subterráneas explotadas en Tenerife. Hasta entonces los manantiales habían sido suficientes para abastecer la isla. Como se ha visto, los pozos sólo han adquirido una cierta importancia relativa desde finales de la década de los cincuenta.

El cuadro núm. 36 muestra los caudales que, según los datos recogidos por el inventario, proporcionan galerías, pozos y manantiales.

En las siguientes páginas está resumida la parte más interesante de la información recogida por el inventario.



CUADRO Nº 36

	Caudal (l/seg)	Hm <sup>3</sup> /año	Porcentaje relativo
Galerías	6.350	200	86
Pozos	910	29	13
Manantiales	100	3	1
Totales	7.360	232	100

### Situación actual

Es preciso indicar que cuando en este informe se citan datos actuales de pozos o galerías, están referidos a 1973, año en que se realizó casi todo el inventario. Esto tiene su importancia en algunos casos, ya que, por ejemplo, desde 1973 hasta el momento de redactar estas páginas, la longitud de las perforaciones en galerías ha aumentado en unos 70 km.

El cuadro núm. 37 muestra el número de galerías construidas, los kms. perforados y el caudal que proporcionan estas galerías. Además, en cada término municipal se han obtenido el caudal por unidad de longitud perforada y el caudal por unidad de superficie, expresado en mm. anuales.

En los gráficos TE-4.2. al TE-4.4. se recogen los histogramas y diagramas de frecuencias acumuladas de las longitudes medias, caudales y productividades del total de galerías, con agua o sin ella.

### Características constructivas e instalaciones mecánicas

La sección de las galerías suele estar entre los 1,80 X 1,80 m. y los 2 X 2 m. Las actuales tienen algo más de 2 m. de altura; en galerías muy antiguas pueden encontrarse tramos de tan sólo 1,50 m.

Las pendientes medias oscilan entre el 5‰ y el 10‰. En este aspecto muchas galerías están bastante irregularmente construidas, de modo que pueden llegar a tener tramos casi completamente horizontales, lo que ocasiona no pocos problemas a la hora de construir el canal.

Cuando las galerías están emboquilladas muy próximas al mar, tienen, en un primer tramo, pendiente con caída hacia el frente, hasta que encuentran el nivel freático; desde ese punto se construyen con muy pequeña inclinación, de forma que en toda su longitud puedan drenar la zona saturada.

En general, las galerías están proyectadas para construirse a base de largos tramos con escasos cambios de dirección. En las galerías que se perforan actualmente, estos proyectos se llevan a cabo con bastante fidelidad. Sin embargo, en las antiguas, sobre todo si son anteriores a 1940, lo más frecuente es que las galerías sean sumamente sinuosas, lo que dificulta extraordi-



nariamente la ventilación y el tendido de vías y tuberías, además de aumentar la longitud perforada.

CUADRO Nº 37

Municipio	Nº de galerías	Longitud (Kms)	Caudal (l/seg)	Caudal/long. (l/seg/km)	Caudal/super. (mm/año)	Pluviometría (mm/año)
Adeje	23	30,0	136	4,5	40	245
Arafo	34	66,0	164	2,5	140	505
Arico	60	104,3	386	3,7	70	340
Arona	9	18,7	94	5,0	35	140
Buenavista	42	30,1	69	2,3	35	340
Candelaria	37	77,8	310	4,0	215	400
Fasnia	21	60,0	570	9,5	380	400
Garachico	23	26,6	362	13,6	405	495
Granadilla	30	24,3	23	0,9	5	265
La Guancha	20	61,1	411	6,7	625	560
Guía de Isora	42	84,4	262	3,1	60	330
Güímar	33	83,2	519	6,2	165	415
Icod	41	39,3	103	2,6	35	555
La Laguna	2	0,9	-	-	-	565
La Matanza	12	19,7	1	-	-	655
La Orotava	76	106,7	695	6,5	175	565
Pto. de La Cruz	1	2,8	40	14,3	160	370
Los Realejos	151	125,8	822	6,5	445	585
El Rosario	27	18,5	35	1,9	20	425
S. Juan de la Rambla	19	42,9	170	4,0	240	570
San Miguel	1	4,0	3	0,7	5	185
Santa Cruz de Tenerife	33	16,2	51	3,1	10	500
Santa Ursula	31	54,2	175	3,2	245	660
Santiago del Teide	28	31,1	221	7,1	125	425
El Sauzal	14	22,0	68	3,1	105	690
Los Silos	29	33,8	260	7,7	325	410
Tacoronte	17	18,4	64	3,5	65	735
El Tanque	11	17,4	98	5,6	115	505
Tegueste	16	14,1	2	0,1	5	620
La Victoria	18	49,1	196	4,0	320	750
Vilaflo	28	33,1	45	1,4	25	375
<b>Total</b>	<b>929</b>	<b>1.316,5</b>	<b>6.355</b>	<b>4,8</b>	<b>100</b>	<b>450</b>

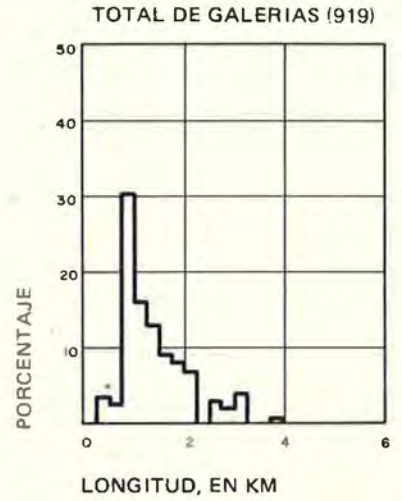
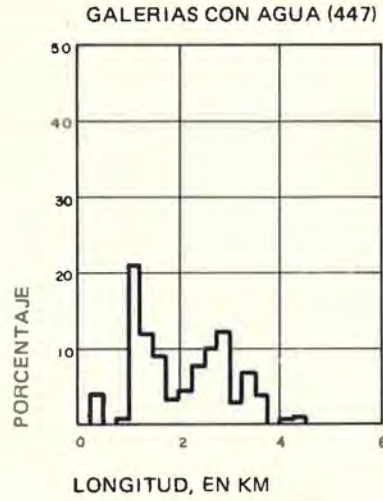
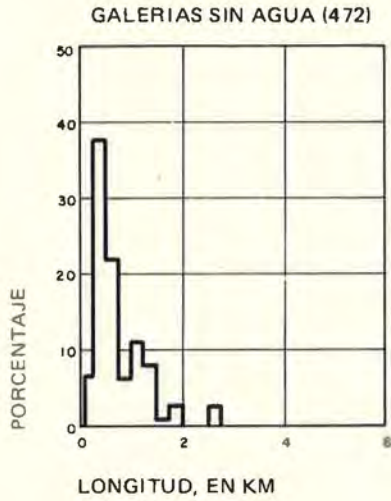
Las instalaciones mecánicas existentes en las galerías son el sistema de aire comprimido para los martillos y el sistema de extracción de gases.

Las instalaciones de aire comprimido están formadas por un motor de explosión, de 20 a 200 CV de potencia, un compresor y una tubería de 2" hasta el frente.

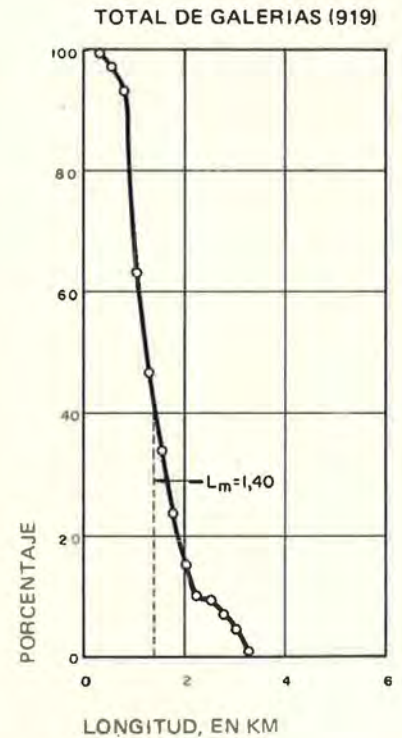
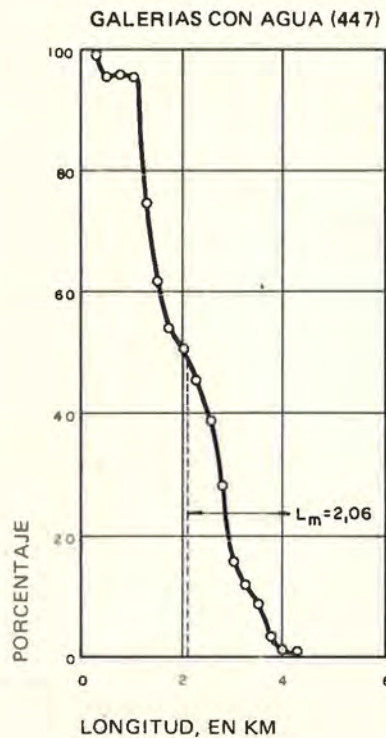
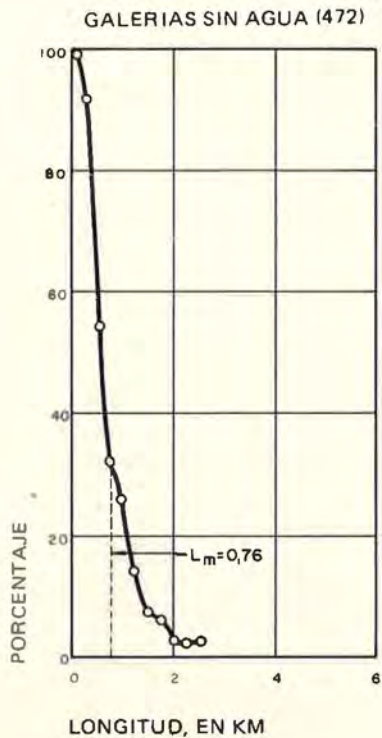


# LONGITUDES MEDIAS DE GALERIAS

## HISTOGRAMAS



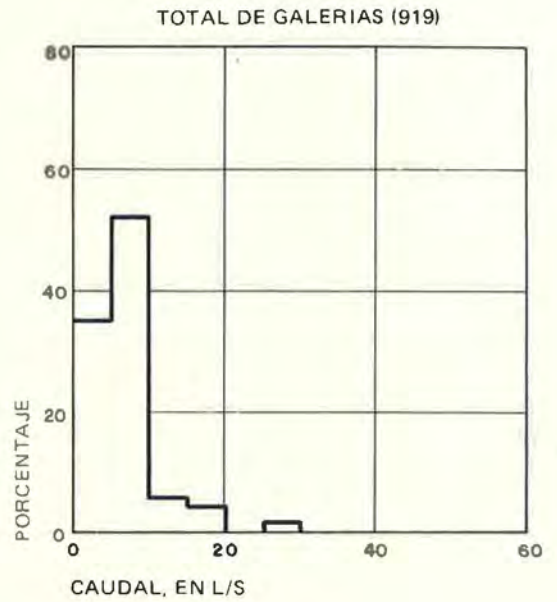
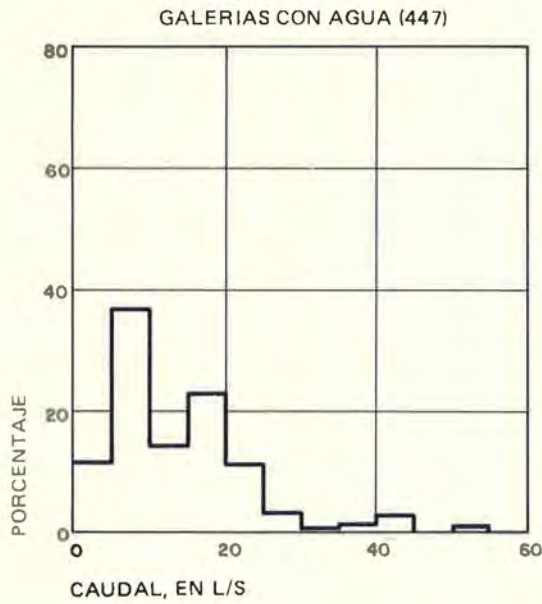
## DIAGRAMAS DE FRECUENCIAS ACUMULADAS



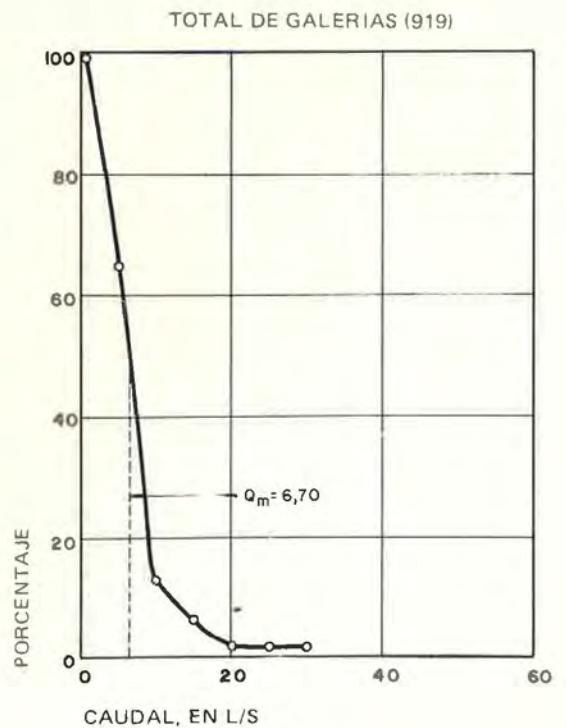
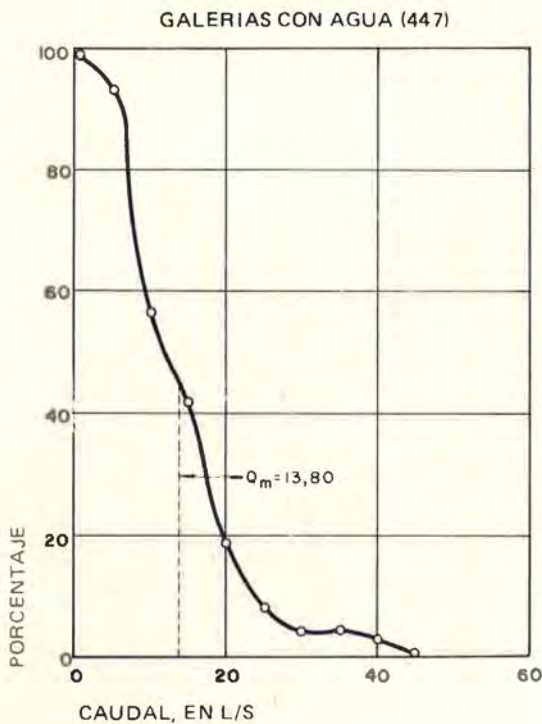


# CAUDALES MEDIOS DE GALERIAS

## HISTOGRAMAS



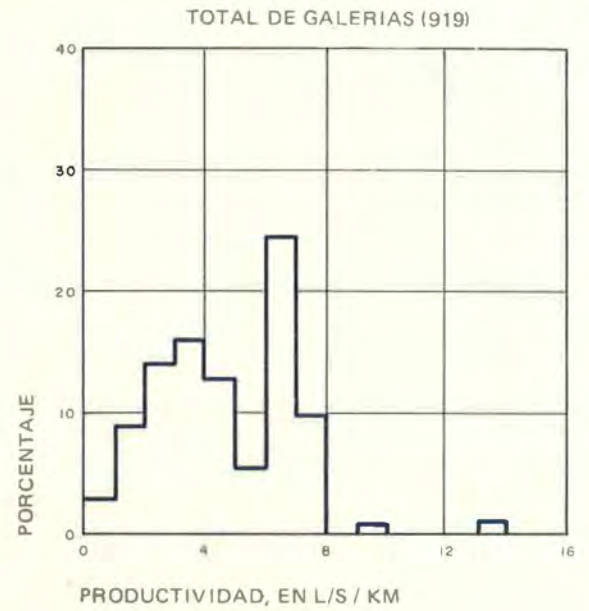
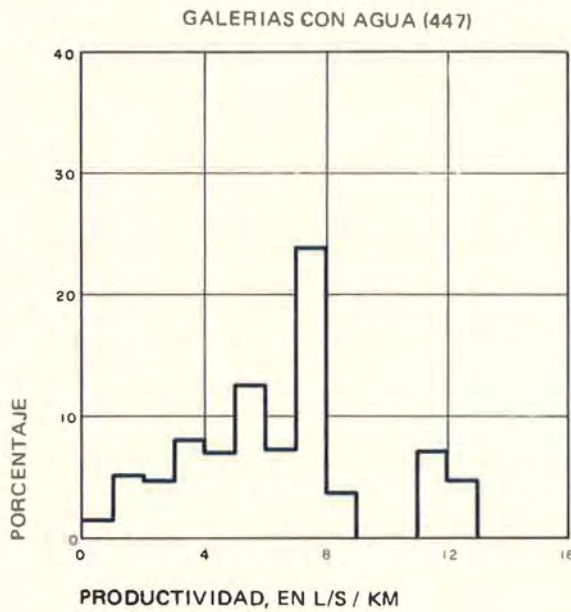
## DIAGRAMAS DE FRECUENCIAS ACUMULADAS



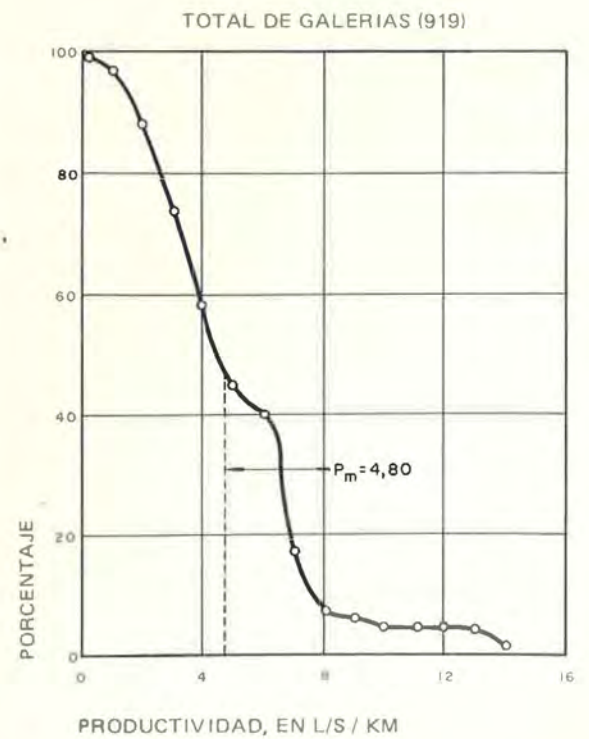
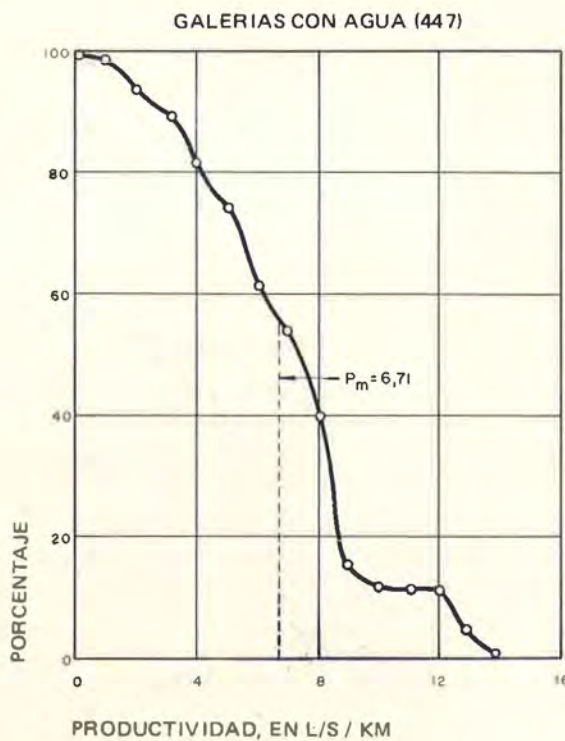


# PRODUCTIVIDADES DE GALERIAS

## HISTOGRAMAS



## DIAGRAMAS DE FRECUENCIAS ACUMULADAS





Las instalaciones de extracción comprenden un motor de 20 a 200 CV, un ventilador y tubería de fibrocemento de 200 a 300 mm. de diámetro.

El cuadro núm. 38 expresa el número de instalaciones y sus potencias globales.

**CUADRO Nº 38**

	Número	Potencia (CV)	Potencia media (CV)
Aire comprimido	340	14.700	44
Extracción	70	4.300	62
<b>T o t a l</b>		19.000	

En síntesis, el trabajo diario en una galería consta de las siguientes operaciones: los trabajadores entran empujando las vagonetas hasta el frente, que puede estar a casi 5,5 km. de bocamina, y las cargas a brazo con los escombros del día anterior. A continuación perforan los barrenos, sujetando los martillos contra su cuerpo, preparan la carga, efectúan el disparo, saliendo después empujando las vagonetas anteriormente cargadas. Generalmente, el equipo de una galería está formado por tres trabajadores que entran al interior y uno que queda en bocamina al cuidado de los motores.

### Longitud

Una galería suele estar formada por una galería principal y unos ramales que, partiendo de ésta, exploran zonas laterales. En total, en Tenerife los ramales suman unos 105 km, es decir, un 8 % de la longitud total perforada. El resto está constituido por las galerías principales.

La galería con mayor longitud de galería principal tiene 5.370 m. desde bocamina. Contando con los ramales, existe una galería que tiene 6.030 m. perforados.

El cuadro núm. 39 expone la distribución de las galerías por la longitud de la galería principal.

**CUADRO Nº 39**

Longitud entre	0 500	500 1.000	1.000 1.500	1.500 2.000	2.000 2.500	2.500 3.000	3.000 3.500	3.500 4.000	4.000 4.500	4.500 5.000	5.000 5.500
Nº de galerías	416	93	46	55	100	76	76	42	20	4	1
Porcentaje relativo	45	10	5	6	11	8	8	5	2	-	-



Se observa la elevada proporción existente de galerías de corta longitud. Esto es debido a que se han inventariado un gran número de perforaciones que no son más que manantiales socavados y a la existencia por toda la isla de multitud de pequeñas perforaciones que corresponden a intentos, frustados en su inicio, de construir galerías.

### Caudales

La galería con más caudal proporciona 185 l/seg. Por debajo de él, y hasta 0 l/seg, la gama de caudales es completa.

El gráfico TE-4.3. muestra el histograma de caudales y la curva de frecuencias acumulada de los caudales de todas las galerías. El caudal medio de las galerías con agua es de 6,7 l/seg. y el máximo de 185 l/seg.

El gráfico TE-4.4. muestra el histograma del caudal por unidad de longitud perforada y el diagrama de frecuencias acumuladas. El caudal medio por km. perforado es de 4,8 l/seg/km.

El cuadro núm. 40 muestra la proporción de galerías con agua, los caudales y los caudales por unidad de longitud perforada, en función de la longitud de galería principal.

CUADRO Nº 40

Longitud de galería principal entre	0 y 500	500 y 1.000	1.000 y 1.500	1.500 y 2.000	2.000 y 2.500	2.500 y 3.000	3.000 y 3.500	3.500 y 4.000	4.000 y 4.500	4.500 y 5.000	5.000 y 5.500
Nº de galerías	416	93	46	55	100	76	76	42	20	4	1
Nº de galerías con agua	116	33	24	37	67	57	67	34	18	4	0
Porcentaje de galerías con agua	28	35	52	67	67	75	88	81	90	100	-
Km. perforados	68	74	62	106	252	219	260	162	89	19	5
Caudales l/seg.	295	77	179	532	1.217	1.193	1.580	784	398	98	0
Caudal/longitud l/seg/km.	4,3	1,0	2,9	5,0	4,8	5,4	6,1	4,8	4,5	5,2	-
Caudal/galerías	0,7	0,8	3,9	9,7	12,2	15,7	20,8	18,7	19,9	24,5	-
Caudal unitario galerías con agua	2,5	2,3	7,5	14,4	18,1	20,9	23,6	23,0	22,1	24,5	-

Se puede observar que la fracción de galerías con agua alumbrada aumenta a medida que son más profundas.



El caudal por unidad de longitud perforada es tan alto en las galerías cortas, de menos de 500 m, debido a que, como se ha dicho, se han incluido los nacientes que han sido socavados.

A la vista del cuadro núm. 40 parece claro que no se alcanzan rendimientos aceptables hasta que no se han perforado de 1.500 a 2.000 m.

El cuadro núm. 41 muestra la distribución de diferentes características de las galerías según la cota de bocamina. Se aprecia que los caudales unitarios son mucho más altos en las galerías bajas, lo cual es lógico si se piensa que cerca del nivel del mar el nivel freático está más próximo a la superficie del terreno.

**CUADRO Nº 41**

Cota de bocamina	Nº de galerías	Km. perforados	Caudal (l/seg)	l/seg/kms.	Longitud media Km/galería
0 - 100	61	12,2	253,4	20,5	0,20
100 - 200	32	27,3	298,2	10,9	0,85
200 - 300	52	67,9	375,7	5,5	1,30
300 - 400	62	81,2	305,6	3,6	1,31
400 - 500	79	132,7	668,1	5,0	1,68
500 - 600	82	141,9	598,1	4,2	1,73
600 - 700	104	173,3	500,1	2,9	1,67
700 - 800	86	133,5	543,8	4,1	1,55
800 - 900	80	123,0	396,2	3,2	1,54
900 - 1.000	58	90,0	183,6	2,0	1,55
1.000 - 1.100	46	68,1	449,7	6,6	1,49
1.100 - 1.200	37	60,6	414,4	6,8	1,69
1.200 - 1.300	38	44,0	380,0	8,6	1,16
1.300 - 1.400	22	36,9	324,0	8,8	1,68
1.400 - 1.500	30	53,0	533,2	10,1	1,77
1.500 - 1.600	21	32,6	141,2	4,3	1,55
1.600 - 1.700	11	20,7	57,0	2,7	1,88
1.700 - 1.800	6	3,7	9,3	2,5	0,62
1.800 - 1.900	9	7,1	30,8	4,4	0,79
1.900 - 2.000	3	0,1	0,1	0,7	0,04

### Gases y calor

Se dice que una galería tiene "gases" cuando el aire existente en su interior es inadecuado para la respiración.

En realidad, los "gases" comprenden tres tipos de fenómenos:

- Existencia de exceso de CO<sub>2</sub> en el aire del interior, ocasionado por la liberación de este gas en las aguas que lo contienen en elevada proporción. Un fenómeno asociado a este tipo de gases es la existencia de carbonatos precipitados en el canal de conducción de aguas.



- Falta de oxígeno en el aire. Es un tipo mucho menos frecuente que el anterior y está ocasionado por el alumbramiento de aguas reductoras.
- Presencia de ciertos gases (parece que son hidrocarburos de cadena corta) que entran en combustión al ponerse en contacto con la llama de las lámparas de acetileno. Se presentan en elevada concentración sólo en dos galerías de Arico, aunque a lo largo del inventario se han encontrado trazas en algunas galerías de Vilaflor y en un pozo de Guía de Isora.

Prácticamente en todas las zonas de la isla se presentan gases, aunque quizás la zona más peligrosa sea la formada por los términos municipales de Arico, Granadilla, Vilaflor y Adeje.

En total, el número de galerías que acusan existencia de gases, con mayor o menor intensidad, es del orden de 150.

El cuadro núm. 42 muestra el número de galerías con gases en función de su longitud. Se observa que la proporción de galerías con gases aumenta en general con la longitud de éstas.

**CUADRO Nº 42**

Longitud entre	0 1.000	1.000 2.000	2.000 3.000	3.000 4.000	4.000 5.000	5.000 6.000
Galerías con agua	149	61	124	101	22	-
Galerías con gases	8	21	61	60	5	-
Porcentaje	5	34	49	60	23	-

En el interior de las galerías la temperatura aumenta considerablemente, llegando a sobrepasar, en algunos casos, los 40°C. Este fenómeno se presenta con más frecuencia en las zonas donde también hay abundancia de gases.

### **Red de conducción de aguas**

La conducción interior consiste casi siempre en canales con dimensiones que suelen oscilar entre 0,3 X 0,3 m. y 0,4 X 0,4 m; acaba en bocamina en las tanquillas de aforo y reparto. De aquí sale el canal que llevará el agua hasta las zonas de utilización, o bien hasta su conexión con otro canal.

### **Evolución histórica**

Es difícil realizar un estudio de la evolución de las características de las galerías a lo largo del tiempo, ya que, en primer lugar, las comunidades no suelen tener registros del estado de su galería en diferentes épocas y, por otra parte, los estudios generales sobre aguas realizados en la isla han sido escasos.



La información que se expone en este apartado se ha conseguido a base de combinar los datos proporcionados por los inventarios contenidos en las publicaciones "Los alumbramientos de aguas en Tenerife" (1959) de J. Amigó de Lara y "Movimiento de Expedientes en Santa Cruz de Tenerife" (1933) de Mario Arauz, con los suministrados por el inventario y los obtenidos en los archivos del Servicio Hidráulico. Con todo, los datos de antes de 1960 pueden tener errores de cierta importancia.

Según la información recogida, las primeras galerías perforadas en Tenerife lo fueron alrededor de 1840, en el Monte de Aguirre, formando un conjunto de pequeños socavones que continúan dando agua. Aparte de éstas, en 1875 no existían más de 15 galerías emboquilladas, siendo a finales de siglo cuando se activaron los trabajos de perforación.

El cuadro núm. 43 muestra la evolución a lo largo de este siglo de diferentes características de las galerías. Puede observarse que en los últimos 20 años ha sido perforada más de la mitad de la longitud total existente, aunque el número de nuevas galerías ha sido escaso. Por tanto, casi todo el esfuerzo se ha volcado en profundizar las antiguas galerías.

**CUADRO Nº 43**

Año	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1973
Nº de galerías	70	120	220	400	580	810	860	929
Kms. perforados	15	30	65	140	265	535	865	1.315
Caudal l/seg.	160	290	620	1.730	2.120	3.700	5.810	6.350
Longitud media	0,21	0,25	0,30	0,35	0,46	0,66	1,00	1,41

El cuadro núm. 44 muestra la evolución en este siglo de las galerías con agua y sus caudales por unidad de longitud.

El cuadro núm. 45 indica los volúmenes extraídos desde que se comenzaron a perforar galerías hasta diferentes años de este siglo.

El cuadro núm. 46 muestra los volúmenes extraídos en cada período, la intensidad de los trabajos de perforación, medida en km. perforados por año y la productividad.

Se observa que la productividad se mantiene con una cierta regularidad y que, desde luego, no muestra ninguna tendencia a descender. La productividad no es la misma en todas las zonas de la isla.

El cuadro núm. 47 que muestra la productividades de las galerías perforadas en cada municipio, refleja el hecho de que siempre han sido más altas en el norte que en el sur.



Por último, queda por decir que la galería que más agua ha proporcionado ha sido el barranco de Araca, con unos 160 Hm<sup>3</sup>, y después El Moral (La Orotava) y Los Palomos (La Guancha) con unos 140 Hm<sup>3</sup>. Aparte de estas tres, hay varias más que han pasado de 100 Hm<sup>3</sup>.

CUADRO Nº 44

Año	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1973
Nº de galerías	70	120	220	400	580	810	860	929
Nº de galerías con agua	40	60	110	180	220	280	400	457
Galerías con agua en %	57	50	50	45	38	36	46	49
Caudal/long. l/seg/km.	11,4	9,7	9,5	12,3	8,0	6,9	6,7	4,8
Longitud media de galerías con agua	0,25	0,28	0,35	0,44	0,61	0,95	1,52	2,14
Caudal medio de galerías con agua	4,00	4,83	5,64	9,61	9,65	13,20	14,50	14,40
l/seg/km. para galerías con agua	16,00	17,25	16,10	21,80	15,80	13,90	9,55	6,73

CUADRO Nº 45

Años	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1973
Volúmenes extraídos (Hm <sup>3</sup> )	135	205	345	715	1.325	2.240	3.735	6.225



CUADRO Nº 46

Período comprendido entre los años	1900 1910	1910 1920	1920 1930	1930 1940	1940 1950	1950 1960	1960 1973
Volúmenes extraídos (Hm <sup>3</sup> )	70	140	370	610	915	1.495	2.490
Kms. perforados	15	35	75	125	270	330	450
Kms. perforados/año	1,5	3,5	7,5	12,5	27,0	33,0	34,5
Productividad (Hm <sup>3</sup> /km)	4,7	4,0	4,9	4,9	3,4	4,5	5,5

### 4.3. Balance hídrico

El factor más importante en la estimación de los recursos de agua es la recarga total. Se han realizado anteriormente diversas estimaciones de este parámetro. Tal como se ha mencionado anteriormente, Heras et al. 1968, estimaron una infiltración total de 132 mm. o sea 313 Hm<sup>3</sup>. El equipo del Proyecto en 1972 adelantó un valor provisional de 243 Hm<sup>3</sup>. En ambos estudios existe una marcada diferencia en la precipitación media, escorrentía, así como en las estimaciones de la evapotranspiración real.

La falta de datos sobre escorrentía y evapotranspiración real no permite un cálculo afinado de la recarga. Sin embargo, la disponibilidad de datos adecuados de precipitación permite un buen control de este factor. Así los datos procesados de las 53 estaciones seleccionadas ha permitido construir planos de isoyetas para el período de 1940-41 a 1965-66. El mapa de isoyetas para este período ha sido planimetrado a fin de obtener la precipitación anual en las diferentes regiones que se consideran y también en la isla entera.

Para la escorrentía, se tuvieron en cuenta las características de las diversas unidades litológicas.

Por analogía con otras islas del Archipiélago, en especial con Gran Canaria y por observaciones cualitativas en el campo, ha sido posible obtener una estimación aproximada de los coeficientes de escorrentía en las diversas áreas. A continuación se dan los valores medios para cada una de ellas. (Cuadro núm. 48).

Se dispone de algunos datos de evaporación en depósitos en seis estaciones de la isla. Sin embargo, estos datos aún no han sido procesados ni comprobados. Los datos preliminares obtenidos a partir de esos datos señalan valores bajos, no compatibles con los valores para otras islas del Archipiélago.

Utilizando la relación existente entre altitud y evaporación real para la isla de Gran Canaria obtenida con un período de observación de tres años (1970-1973), ha sido posible estimar las dos tendencias diferentes que existen en las laderas norte y sur de la isla.



CUADRO Nº 47

Municipio	Volumen extraído (Hm <sup>3</sup> )	Productividad (Hm <sup>3</sup> /km)	Lámina equivalente de agua (m)
Buenavista	75	2,5	1,16
Garachico	180	6,8	6,30
La Guancha	440	7,2	20,00
Icod	85	2,1	0,94
La Laguna	-	-	-
La Matanza	45	2,3	2,58
La Orotava	635	6,0	2,91
Puerto de La Cruz	20	6,9	2,24
Los Realejos	1.160	9,2	20,20
S. Juan de La Rambla	105	2,4	4,45
Santa Cruz de Tenerife	135	8,3	0,98
Santa Ursula	430	7,9	18,5
El Sauzal	50	2,3	2,47
Los Silos	195	5,8	7,80
Tacoronte	90	4,9	2,98
El Tanque	35	2,0	1,46
Tegueste	8	0,6	0,34
La Victoria	320	6,5	23,90
<b>N O R T E</b>			
<b>S U R</b>			
Adeje	55	1,8	0,49
Arafo	270	4,1	8,60
Arico	295	2,8	1,79
Arona	30	1,6	0,35
Candelaria	475	6,1	9,55
Fasnia	480	8,0	7,95
Granadilla	25	1,0	0,16
Guía de Isora	110	1,3	0,77
Güímar	335	4,0	3,16
El Rosario	10	0,5	0,19
San Miguel	2	0,5	0,04
Santiago del Teide	80	2,6	1,77
Vilafior	40	1,2	0,83

Estas "curvas tipo" que indican un efecto de inversión de la evapotranspiración real por encima de la altitud de 1.000 m, han sido utilizadas para la estimación de la evapotranspiración real anual media para cada una de las unidades consideradas.



CUADRO Nº 48

Región	Litología	Pendientes y vegetación	Coefficiente de escorrentía
I Anaga - Teno	Predominantemente Basaltos Antiguos compactos	Laderas escalonadas, vegetación moderada	0,20 - 0,30
II La Laguna	Lacustre	Llano, cultivado	0,05
III Región Noroeste e Icod	Basaltos Post-Miocenos y Basaltos Antiguos de la Serie II	Laderas pendientes a moderadas, vegetación intensa a moderada	0,10 - 0,20
IV San Lorenzo	Basaltos Post-Miocenos	Laderas moderadas a poco pendientes, vegetación dispersa y espinosa	0,08
V Teide - Las Cañadas	Series Recientes	Laderas inclinadas a moderadas, vegetación moderada a dispersa	0,10 - 0,20
VI Región Sur	Series Cañadas y traquibasaltos	Laderas pendientes a moderadas, vegetación espinosa y dispersa	0,20 - 0,25

Conociendo los parámetros hidrológicos anteriores, se ha calculado la recarga total según la siguiente fórmula:

$$R = P - (Q + ETr) + \epsilon$$

donde:

- R = Recarga total en un año (mm)
- P = Pluviometría anual media (mm)
- Q = Escorrentía (mm)
- ETr = Evapotranspiración real (mm)
- $\epsilon$  = Factor de corrección

La infiltración se obtiene como una función de la precipitación, escorrentía y evapotranspiración. La recarga total se ha calculado mediante la inclusión de un término de corrección, que integra, según los casos, la influencia de la escorrentía subsuperficial, la condensación de niebla y la infiltración de la escorrentía en áreas de drenaje diferido y zonas porosas.

El valor de la recarga (R) se ha analizado para cada área restando a la extracción de agua subterránea (E) la recarga total (R). Los resultados de los cálculos indicados pueden verse en el cuadro núm. 50.

El examen de los valores totales muestra que existe una recarga total de unos 126 mm, o sea 260 Hm<sup>3</sup>/año. Comparando este valor con la extracción total, que equivale a 219 Hm<sup>3</sup> se tiene un exceso de unos 41 Hm<sup>3</sup>/año (20 mm). Si el balance anual medio es aún favorable para



el conjunto de la isla, no sucede lo mismo en detalle. En la lámina TE-4.1 se presentan los recursos para las diferentes unidades.

Es instructivo comparar los resultados obtenidos por los diferentes autores utilizando distintos métodos de estimación; se han obtenido los siguientes resultados:

**CUADRO N° 49**

Fuente	Pluviometría media de la isla (mm)	Coefficiente de infiltración	Volumen de infiltración (Hm <sup>3</sup> /año)
Heras et alt. (1961)	463	0,33	313
Niñerola et alt. (1973)	500	0,24	244
Estudio presente (1974)	432	0,27	239

En el método que aquí se presenta se establece una diferenciación entre infiltración y recarga total. De hecho, esta última se calcula en 260 Hm<sup>3</sup>/año para toda la isla, como puede verse en el cuadro núm. 50.



CUADRO Nº 50

Asociación litológica	Unidad	Superficie Km <sup>2</sup>	Precipitación (P) mm. año	Escoorrentía (Q)			Evapot. real ETr mm. año	Infiltración (I)			Extracción Hm <sup>3</sup> (E)					Recarga		
				q	mm. año	Hm <sup>3</sup> año		°/o	mm.	Hm <sup>3</sup> año	Gal.	Pozos	Manantiales	Total Hm <sup>3</sup> /año	mm.	Recarga corregida (R) (Hm <sup>3</sup> )	Estado de recarga (ΔR) (Hm <sup>3</sup> )	
I	1. Anaga	192,8	564	0,30	169	32,7	300	17	95	18,3	3,2	7,4	0,3	11,0	57	>	18,3	+ 7,3
	2. Tenó	85,3	369	0,20	74	6,3	250	12	45	3,8	6,4	-	-	6,4	75	>	6,0	- 0,4
Subtotal		278,1	504	0,30	151	39,0	284	13	79	22,1	9,6	7,4	0,3	17,4	62	>	24,3	+ 6,9
II	La Laguna	33,5	763	0,05	38	1,2	310	54	418	13,9	0,05	0,3	-	0,4	12		13,9	+ 13,5
III	1. V. Güímar	115,0	474	0,12	57	6,5	215	42	202	23,2	15,5	6,2	-	21,8	189	>	23,2	+ 1,4
	2. Orotava	129,2	629	0,10	63	8,1	340	35	226	29,2	37,1	-	1,6	38,7	299	>	38,0	0
	3. Z. Fasnia	156,3	405	0,15	61	9,4	230	28	114	17,8	34,0	-	-	34,0	217	>	17,8	- 16,2
	4. Tacoronte	51,5	577	0,10	57	3,0	285	40	234	12,0	2,0	3,9	0,01	5,9	115	>	12,0	+ 6,1
	5. Victoria	74,5	679	0,15	101	7,5	330	36	247	18,4	17,4	-	0,2	17,7	237	>	18,4	+ 0,7
	6. Z. Esperanza ladera sur	106,0	409	0,12	49	5,2	210	36	150	15,9	6,8	-	0,01	6,9	65	>	15,9	+ 9,0
	7. Z. Tigaiga	36,2	565	0,20	113	4,0	330	21	122	4,4	8,1	-	-	8,1	224	>	4,4	- 3,7
	8. Icod	83,6	451	0,10	45	3,7	315	20	91	7,6	20,4	1,9	1,8	24,0	287	>	10,0	- 14,0
Subtotal		752,3	506	0,12	63	47,4	206	34	171	128,5	141,3	12,0	3,6	157,1	209	>	139,7	- 16,7
IV	San Lorenzo	293,7	189	0,08	15	4,4	140	18	34	9,9	3,2	3,8	0,03	3,5	12		9,9	+ 6,4
V	1. La Guancha	138,2	555	0,10	56	7,7	350	27	149	20,6	13,2	-	-	13,2	96	>	25,0	+ 12,0
	2. Guía Isora	116,3	355	0,08	28	4,1	280	13	47	5,5	11,1	1,7	-	12,7	110	>	8,0	- 4,7
	3. Cald. Cañadas	90,4	524	0,02	10	0,9	250	49	264	23,9	-	-	-	-	-	>	24,0	+ 24,0
Subtotal		344,9	479	0,08	37	12,7	300	30	145	50,0	24,3	1,7	-	25,9	75	>	57,0	+ 31,3
VI	1. Z. Arico	213,5	354	0,25	64	19,0	240	14	50	10,7	4,4	-	0,8	5,2	24		10,7	+ 5,5
	2. Z. Erque	142,1	317	0,20	63	9,0	230	7	24	3,4	7,0	1,5	0,7	9,3	65		3,4	- 5,9
Subtotal		355,6	339	0,23	78	28,8	236	12	39	14,1	11,4	1,5	1,5	14,5	40		14,1	- 0,4
Total		2.058,0	432	0,15	65	132,7	252	27	116	238,4	189,8	26,7	5,4	218,8	106	>	260	+ 41 = 20 mm.

- La precipitación anual media se obtuvo para el período 1940/41 - 1965/66.
- La extracción media de agua subterránea se refiere a los años 1972/74.



## 5. HIDROQUIMICA

Durante el período de 1971-1973 se tomaron y analizaron más de 500 muestras en toda la isla, correspondiendo 317 de ellas a galerías. En muchos casos se muestrearon varias surgencias dentro de una misma galería y en 32 puntos se repitió la toma. La densidad media de muestreo es de un análisis cada 6 km<sup>2</sup>. En el programa se consideraron las diversas condiciones geológicas e hidrogeológicas posibles de la isla. Los análisis químicos se han realizado en el laboratorio químico del Proyecto, con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 403.

En todos los análisis se han determinado: dureza total, dureza permanente, alcalinidad y residuo seco, conductividad y pH.

Aniones: CO<sub>3</sub>H, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Br, PO<sub>4</sub>

Cationes: Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub>

Radicales: SiO<sub>2</sub>

y se han determinado las relaciones iónicas:  $r(\text{Ca} + \text{Mg})/r(\text{Na} + \text{K})$ ,  $r\text{Cl}/r\text{CO}_3\text{H}$ .

En el campo se determinaron la temperatura, CO<sub>2</sub> libre, Cl, pH y dureza total para obtener una idea preliminar de la hidrogeoquímica del acuífero y poner de relieve los cambios que pudieran aparecer hasta las determinaciones de laboratorio. En total se hicieron 1.300 determinaciones.

Se reiteró varias veces el muestreo para determinar Cl en los pozos del Valle de Güímar, a fin de obtener un mejor conocimiento de la intrusión marina. Se ha encontrado importantes discrepancias entre los resultados de campo y de laboratorio en lo que se refiere al ion Cl, posiblemente debido a errores en los métodos empleados in situ y por ello se han utilizado preferentemente las medidas de laboratorio.

El estudio de las diversas concentraciones y parámetros ha conducido a la confección de varios mapas de distribución y diagramas, que serán comentados más adelante.

Para la elaboración final e interpretación, se han excluido las muestras pertenecientes a acuíferos colgados, así como las "muestras mezcladas" tomadas en el canal de salida de las galerías.

Las conclusiones se basan en las siguientes categorías de estudios:

- a) Examen de la distribución espacial de los parámetros fisicoquímicos y químicos significativos.



- b) Definición de algunas modificaciones que tienen lugar durante el tránsito subterráneo del agua.
- c) Análisis de la interdependencia en el comportamiento de los iones principales y de las relaciones que existen entre la composición química de las aguas subterráneas y las rocas acuíferas.

### 5.1. Temperatura

En la lámina TE-5.1. se puede ver la distribución general de la temperatura del agua subterránea en la isla. Se debe hacer notar que debido a las diferencias de profundidad de los puntos de muestreo dentro de las diferentes galerías, puede que el mapa no represente una situación homogénea.

Las temperaturas del agua subterránea en la isla varían desde menos de 15°C hasta casi 40°C. Los valores menores, entre 15°C y 20°C, se encuentran ampliamente extendidos a altitudes medias y altas. Extensas áreas de bajas temperaturas, de menos de 15°C, se encuentran en los alrededores de Vilaflor y Tacoronte.

Al este de Isora, Teno, oeste de Arico y Región Dorsal, se observan anomalías térmicas (más de 30°C). La mayoría de estas anomalías parecen estar relacionadas con las líneas principales de debilidad tectónica, o en relación con actividad volcánica histórica y reciente (galerías Honduras de Luchón, cerca de Chinyero, algunas otras cerca del volcán de Las Colmenas y la de Lomo Cambado, cerca del volcán de Las Arenas).

También se encuentran anomalías de temperatura, especialmente en el norte, en relación con la presencia del nivel de brechas "mortalón", que aísla y extiende las emanaciones calientes procedentes de puntos situados por debajo. Este es el caso de las regiones de Tigaiga y Dorsal. En las regiones de Guía de Isora y Arico, la abundancia del fenómeno térmico sugiere la presencia de una formación similar.

La temperatura del agua subterránea más elevada que se ha medido es de 38,5°C en la galería Lomo Cambado, a 2.400 m. de su boca, y la menor es de 9,5°C en la galería Agujero del Agua, cerca de Tigaiga, a 464 m. de su boca.

### 5.2. CO<sub>2</sub> libre

La existencia de CO<sub>2</sub> libre en grandes cantidades es uno de los factores importantes en los procesos de mineralización del agua de los terrenos volcánicos. En toda la isla de Tenerife aparecen emanaciones de CO<sub>2</sub>, especialmente en las zonas de Guía de Isora, Icod, Tigaiga y en el Valle de La Orotava.

En la lámina TE-5.2. se puede ver la existencia de cuatro áreas relativamente grandes y un cierto número de otras menores, con un contenido en CO<sub>2</sub> libre por encima de 100 mg/l, todas ellas situadas en las proximidades del volcán Teide, lo que demuestra que la principal fuente de CO<sub>2</sub> se encuentra alrededor del edificio central. La mayor concentración de CO<sub>2</sub> en el agua, de más de 300 mg/l, se encuentra un poco al norte de Arico, en una zona aparentemente menos



rica en emanaciones de gas en las galerías. En este lugar, la aparición de  $\text{CO}_2$  en el agua subterránea se puede relacionar con una importante línea de fractura que une el volcán Las Arenas con el volcán Las Colmenas.

Las restantes áreas de la isla se caracterizan por un contenido de  $\text{CO}_2$  libre, generalmente menor de 20 mg/l, pero existen ciertas zonas localizadas con contenidos que varían entre 20 y 100 mg/l.

El bajo contenido de  $\text{CO}_2$  libre en las áreas de Teno y Anaga refleja la ausencia de actividad volcánica reciente en esas regiones.

### 5.3. Resultados generales de las determinaciones de laboratorio

Aunque no se ha realizado ningún estudio estadístico detallado de los datos químicos, se pueden establecer los siguientes márgenes de variación más frecuentes:

#### Grupo catiónico:

Na	80 a 300 mg/l	dominante
Mg	40 a 80 mg/l	alcalinotérreo dominante
Ca	10 a 50 mg/l	

#### Grupo aniónico:

$\text{CO}_3\text{H}$	50 a 500 mg/l	claramente dominante
Cl	15 a 60 mg/l	
$\text{SO}_4$	5 a 50 mg/l	

$\text{SiO}_2$  está siempre presente con valores entre 10 y 50 mg/l.

El residuo seco a  $110^\circ\text{C}$  generalmente oscila entre 200 y 500 mg/l, excluyendo los elevados valores que se encuentran en la zona costera.

La dureza total varía entre 20 y 100 partes por millón en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , pero la mayor parte de los valores están entre 100 y 300 ppm.

El contenido de Br oscila entre 0,1 y 0,3 mg/l de concentración.

Se han analizado microelementos utilizando la unidad de absorción atómica Perkin Elmer 403. El Cu y el Cr están ausentes en las aguas subterráneas de Tenerife. El Zn aparece esporádicamente con concentraciones generalmente inferiores a 0,1 mg/l. Sr, Li y Ni aparecen muy raramente.

### 5.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (C.E.) da una indicación general de la mineralización del agua. La lámina TE-5.3. muestra su distribución.



Las áreas menos mineralizadas, generalmente entre 250 y 500 micromhos/cm. son las siguientes:

- Entre la Caldera de Las Cañadas, Arico, San Miguel y Guía de Isora. Los valores menores se encuentran cerca de Arico y en la Caldera de Las Cañadas, (por debajo de 120 micromhos/cm).
- Región de La Orotava y Dorsal, exceptuando la divisoria donde aparecen fuertes anomalías.
- Península de Anaga, en la zona central.
- Macizo de Teno, en su zona central.

Se observan fuertes anomalías localizadas en la ladera norte del Complejo Teide, entre Tigaiga e Icod.

Se nota una progresiva mineralización a lo largo de las regiones costeras, al aproximarse a la zona de mezcla con el agua marina, alcanzándose los siguientes valores:

**CUADRO Nº 51**

Area costera	Margen de C.E. (micromhos/cm)
Anaga	500 - 1.350
Tejina	700 - 5.000
Guía de Isora	1.000 - 3.500
Valle de San Lorenzo	1.270 - 7.700
Valle de Güímar	950 - 3.200

La mineralización en la franja costera es alta en la parte meridional de la isla, en el Valle de San Lorenzo. El proceso de mineralización va en aumento en Tejina y en el Valle de Güímar.

### 5.5. Contenido en Cl<sup>-</sup>

En la lámina TE-5.4. se representa el mapa de cloruros de Tenerife, correspondiente al período de verano-otoño de 1973. Existe una extensa área de menos de 10 mg/l, alrededor de la zona de Las Cañadas-Teide, rodeada por las líneas de 20 a 30 mg/l, las cuales incluyen también a la Región Dorsal. Se trata de la zona de mayor recarga, que se extiende según las siguientes direcciones que pudieran representar líneas de flujo o recarga preferencial.

- Teide - Icod
- Teide - Valle de Santiago del Teide
- Caldera de Las Cañadas - Vilaflor
- Caldera de Las Cañadas - Arico
- Caldera de Las Cañadas - Valle de La Orotava
- Caldera de Las Cañadas - Tigaiga



Dentro de estas zonas se encuentran tres puntos anómalos correspondientes a las galerías de Santa Ursula, Los Zarzales y Honduras de Luchón, donde el contenido en cloruro alcanza de 400 a 900 mg/l. Todos estos puntos están asociados con elevadas temperaturas y relativamente altas mineralizaciones.

En las partes centrales de las regiones de Teno y Anaga, la concentración en ion cloruro varía entre 400 y 120 mg/l.

En las áreas costeras la concentración varía entre 300 y 500 mg/l, alcanzándose los valores más altos en la porción meridional de la región de San Lorenzo.

La franja entre las líneas de isocloruro de 300 a 600 mg/l que existe cerca de la costa puede suponerse que corresponde a la amplia zona de agua salobre que se encuentra en las proximidades de los límites de la interfaz agua dulce - agua marina.

#### 5.6. Relación $r(\text{Ca} + \text{Mg})/r(\text{Na} + \text{K})$

En la lámina TE-5.5. se muestra la distribución de esta relación.

En Anaga - Tejina, ladera norte de la Región Dorsal, parte superior del Valle de La Orotava, Tigaiga, Oeste de Fasnía, alrededores de Vilaflor y en el borde oriental de Teno se encuentran manchas de valores superiores a 1. Los que se presentan en Anaga - Tejina, Teno y la ladera norte de la Región Dorsal, corresponden a Basaltos Antiguos I y II y Basaltos Modernos de la Serie III, en clara relación con el predominio de alcalinotérreos de estas rocas.

Los elevados valores de las zonas próximas a Tigaiga, oeste de Fasnía y alrededores de Vilaflor se relacionan probablemente con la presencia de traquitas y traquibasaltos de la Serie Cañadas Inferior, los cuales son ricos en alcalinotérreos.

Los valores menores se encuentran principalmente en los alrededores de Guía de Isora, ladera norte del Teide y la Caldera de Las Cañadas, áreas influenciadas por aguas que pasan por o se derivan de la Serie Cañadas Superior y Series Recientes ricas en fonolitas y rocas asociadas, con franco predominio de alcalinos.

#### 5.7. Relación $r\text{Cl}/r(\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3)$

En la lámina TE-5.6. se muestra la variación espacial de esta relación. Más de la mitad de la superficie de la isla, incluyendo la porción central, está ocupada por aguas con una relación menor de 0,25, típica de las áreas de recarga. Con la gradual mineralización del agua, se observa un incremento de esta relación hacia las regiones costeras.

Las principales áreas en las que se encuentran valores elevados son la porción inferior del Valle de Güímar, ladera norte de la Región Dorsal y macizos de Anaga y Teno. En las zonas costeras, se dan valores superiores a 5,0 (tal como sucede en el Valle de San Lorenzo, Tejina y en el Valle de Güímar), indicando un cierto grado de intrusión marina.



### 5.8. Corte hidrogeoquímico

Como ejemplo del comportamiento hidrogeoquímico de la isla, se ha preparado un corte a través de la región dorsal de Santa Ursula a Güímar (gráfico TE-5.1).

Se observa un claro incremento de temperaturas con la profundidad, mientras el contenido de CO<sub>2</sub> libre es insignificante. El gradiente térmico en el sur es de alrededor de 1°C cada 80 m, mientras en el norte es de 1°C cada 50 m. El gráfico TE-5.1. muestra un contenido en cloruros de sólo 20 a 40 mg/l con un incremento hacia la parte inferior de la ladera norte. La conductividad eléctrica alcanza su mayor valor en la zona central. El gradiente señalado por este último parámetro en las dos laderas presenta una distribución similar a la de la temperatura del agua subterránea.

En lo que se refiere a las relaciones, en el gráfico citado se observa una clara tendencia a la alcalinización desde la cima del nivel freático hasta los niveles inferiores.

Los gradientes térmicos y de conductividad más elevados de la ladera sur, se pueden explicar por el flujo del agua cerca de centros de calor. Las condiciones en la ladera norte, que contrastan con las anteriores, pueden ser explicadas por la existencia de un mayor efecto de dilución.

La creciente alcalinización del agua subterránea con la profundidad es paradójica, dado que en los Basaltos Antiguos predominan los alcalinotérreos; quizás sea debido al elevado número de diques de todas las edades, a la presencia de una mineralización secundaria en las fisuras en estas unidades rocosas, a través de la cual se cree que el agua fluye preferentemente, y sobre todo a la saturación en Ca y Mg. En la isla de Lanzarote se ha observado un fenómeno similar.

### 5.9. Zonificación química

Las aguas subterráneas de Tenerife se han clasificado en tres familias y cinco tipos. Las familias se han definido según el predominio de los principales iones y los tipos de acuerdo con la importancia de los cationes en la mineralización total. En la lámina TE-5.7. se muestran estas familias y tipos.

#### I - Aguas carbonatadas y bicarbonatadas

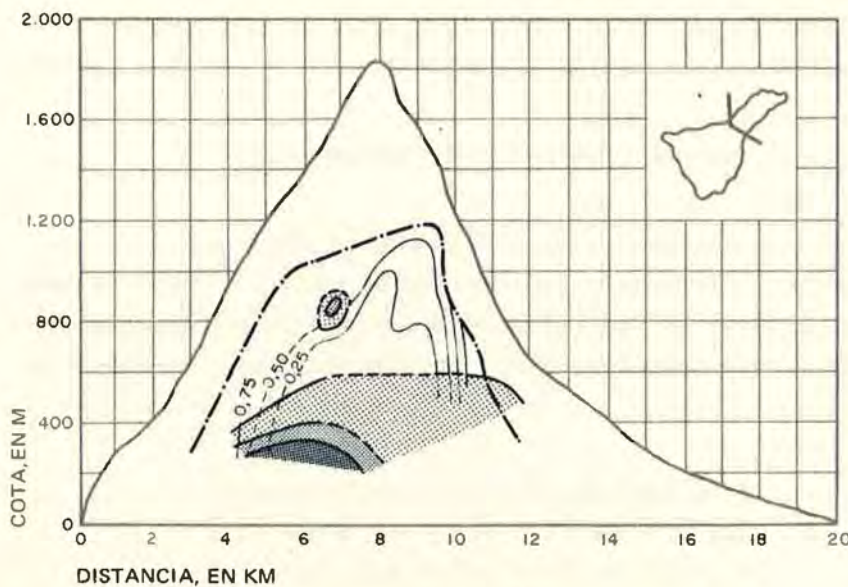
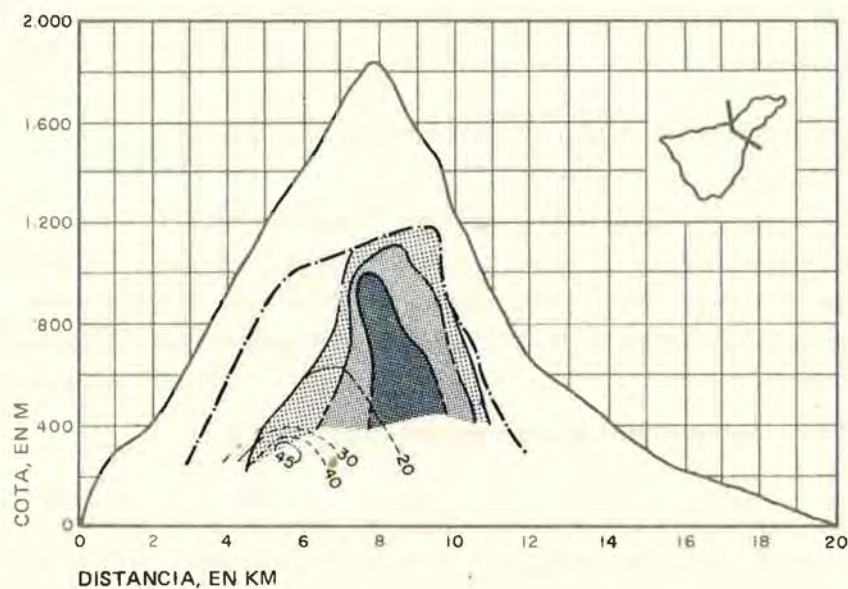
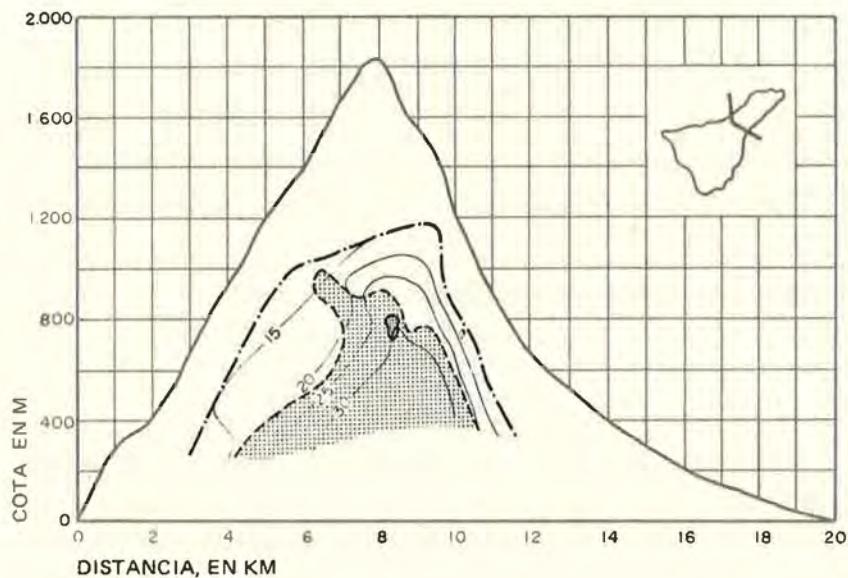
Esta familia comprende del 70 al 75 % de las aguas de la isla y se sitúa principalmente en la parte central. El papel dominante corresponde a los bicarbonatos. Aparentemente hay poca relación entre la aparición de esas aguas y el tipo de rocas.

#### II - Aguas cloruradas

Esta familia queda restringida a la Península de Anaga, al Macizo de Teno y a la franja costera meridional hasta una distancia de 2 a 3 km. hacia el interior. Las aguas de las partes centrales de Anaga y Teno se clasifican como "mezcla" de los tipos bicarbonatado y clorurado. En Anaga y Teno el tipo principal de roca son los Basaltos I, ya que la Serie II, más moderna, aparece sólo hacia los bordes.



# SECCIONES HIDROGEOQUIMICAS





### III - Familia de los sulfatos

La aparición de ese tipo de agua queda limitada a áreas extensivamente cultivadas, principalmente en los alrededores de Garachico y La Laguna.

#### 1 - Aguas bicarbonatadas con alcalinos dominantes:

$$\begin{aligned} r(\text{Na} + \text{K}) &= 50 - 75 \% \\ r\text{Mg} &> r\text{Ca} \end{aligned}$$

Estas aguas aparecen en y en los alrededores del Complejo Teide-Cañadas así como en la Región Dorsal. Este tipo de agua comprende del 40 al 50 % de todas las aguas de la isla. En el Complejo Teide-Cañadas, las aguas que se infiltran probablemente se enriquecen en alcalinos debido a la presencia de la Serie Cañadas y de las Series Recientes del Teide-Pico Viejo. Dentro de esta región, determinadas zonas son predominantemente ricas en alcalinos (más del 75 %), como por ejemplo Pedro Gil, Valle de La Orotava, oeste de Tigaiga, noroeste de Arico y norte de Santiago del Teide.

#### 2 - Aguas bicarbonatadas con alcalinotérreos dominantes:

$$r(\text{Mg} + r\text{Ca}) = 50 - 75 \%$$

Las principales áreas en que aparece este tipo de aguas se encuentran cerca de Vilaflor y oeste de Fasnía en el sur, cerca de La Victoria y Garachico en el norte, además de algunas otras manchas aisladas. El enriquecimiento en alcalinotérreos puede ser debido tanto a la presencia de Basaltos Antiguos de la Serie II como posiblemente a ciertos niveles de la Serie Cañadas Inferior.

#### 3 - Aguas cloruradas con alcalinos dominantes:

$$r(\text{Na} + \text{K}) = 50 - 75 \%$$

Tal como se ha dicho anteriormente estas aguas aparecen principalmente a lo largo de la zona costera meridional y en los macizos de Teno y Anaga. El enriquecimiento en cloruro a lo largo de las zonas costeras es un fenómeno natural que ocurre cuando se alcanza la saturación en bicarbonatos en las aguas circulantes. La aparición de aguas mezcladas ricas en cloruros en Anaga y Teno se puede relacionar con los tipos de rocas y sus características hidrológicas.

#### 4 - Aguas cloruradas ricas en alcalinotérreos:

$$r(\text{Mg} + \text{Ca}) = 50 - 75 \%$$

Las aguas de este tipo quedan localizadas en las regiones costeras de Tejina y Güímar, y más al interior en el Llano de La Laguna. En las áreas de Tejina y Güímar el elevado contenido de cloruros se puede relacionar con la creciente salinidad debida al bombeo. El enriquecimiento en alcalinotérreos se debe probablemente a la aparición de Basaltos Antiguos de la Serie II.

#### 5 - Aguas sulfatadas con alcalinos dominantes

Tal como se dijo anteriormente, aparecen sólo esporádicamente y probablemente se asocian con una contaminación local.



Se encuentra un grupo de aguas naturales "mezcladas", tal como se dijo anteriormente, en los macizos de Teno y Anaga principalmente. En áreas bajas se pueden encontrar puntos aislados de aguas contaminadas cerca de poblaciones y en las áreas de cultivo.

En el gráfico TE-5.2. se muestra esquemáticamente la distribución de algunos de esos tipos.

### 5.10. Investigaciones isotópicas

Al igual que en la isla de Gran Canaria, se planificó un programa especial de estudios isotópicos para Tenerife que tenía los siguientes objetivos:

- Definición de las áreas de recarga utilizando las técnicas conocidas de isótopos estables,  $O^{18}$  y D (deuterio).
- Obtener información sobre la composición isotópica de agua de lluvia, que era necesaria para el estudio de los isótopos estables, a partir de cinco estaciones en las que se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO Nº 52

Estación	Altitud (m)	Epoca de muestreo	$O^{18}$ ‰ SMOW	D ‰ SMOW	Tritio UT $\pm$ e
Teide	3.650	Feb. 72	- 8,03	- 51,5	
Las Cañadas	2.007	Feb. 72	- 5,82	- 34,4	
Montaña Roja	1.732	Mayo 72	- 7,97	- 45,8	
		Feb. 72	- 5,84	- 26,0	31,5 $\pm$ 1,9
		Mar. 72	- 5,46	- 22,6	17,5 $\pm$ 1,1
		Abr. 72	- 5,40	- 27,4	
Arona	682	Jun. 72	- 6,90	- 45,2	24,3 $\pm$ 1,4
		Feb. 72	- 5,95	- 25,8	
Santa Cruz de Tenerife	36	Abr. 72	- 3,62	- 12,4	
		Feb. 72	- 2,99	- 21,2	
		Abr. 72	+ 0,17	- 6,5	

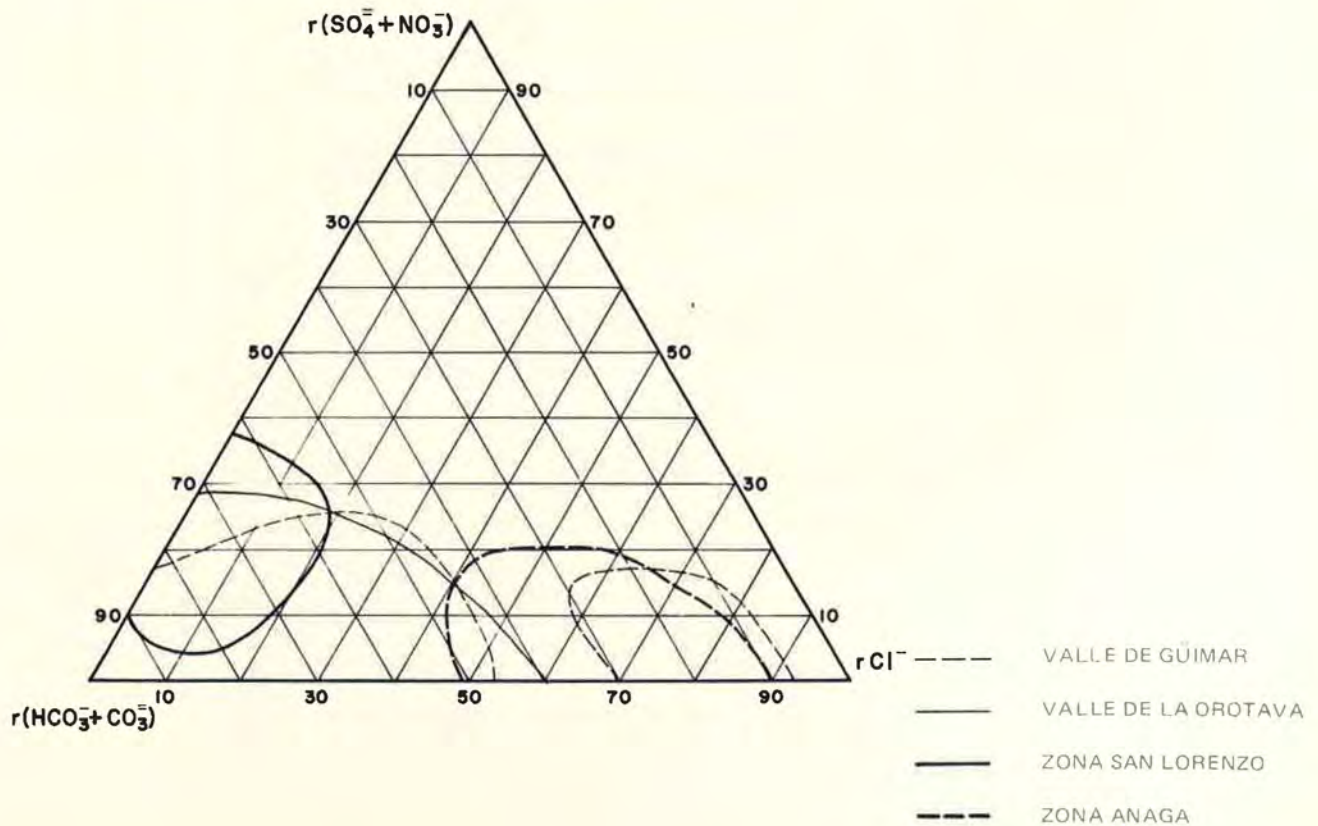
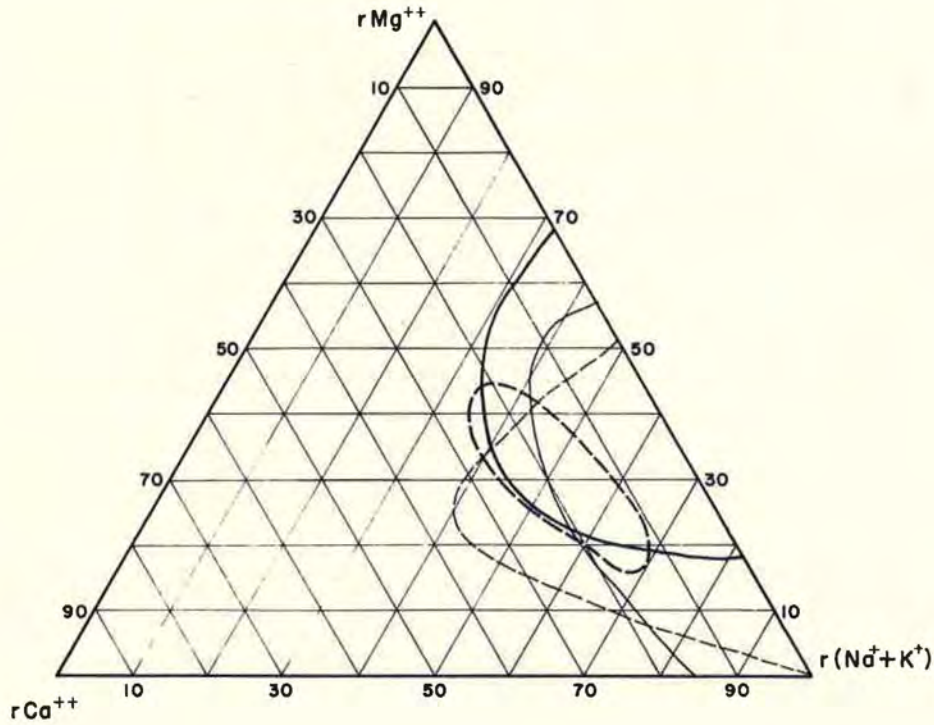
El muestreo de agua subterránea se hizo según tres perfiles, A, B y C, así como en puntos aislados de la región occidental y meridional del Teide, (lámina TE-5.8). Se muestrearon 20 puntos incluyendo 18 galerías y dos pozos de gran diámetro; 8 de las galerías se muestrearon a diferentes distancias de la boca. En todas se determinó  $O^{18}$ , en 24 se determinó D (deuterio) y en 19 se determinó el tritio. En el cuadro núm. 53 se dan los resultados de los análisis isotópicos.

Los rasgos más significativos en comparación con Gran Canaria son:

- Contenido en isótopos estables del agua subterránea de Tenerife mucho menor que el de Gran Canaria.
- Se observa un bajo contenido en tritio en 17 de las 18 muestras analizadas.



# CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS DEL AGUA SUBTERRANEA





CUADRO Nº 53

Resultados de los análisis isotópicos

Nombre y tipo del punto de muestreo	Nº del P/G	Elevación s.n.m. (m)	Dist. desde la boca (m)	Fecha del muestreo	$\delta O^{18}$ SMOW	$\delta D$ SMOW	Tritio en TU	$h_i$ (m)	$h_c$ (m)
Aguavista G	242	1.050	1.513	18.6.73	- 6,82	- 37,3	0,7	1.955	1.350
Aguavista G		1.050	2.190	18.6.73	- 6,76		1,3	1.928	1.625
Amance G	332	925	1.650	9.5.72; 17. 8.72	- 6,31; - 6,43			1.751	1.625
Amance G		925	3.000	9.5.72; 17. 8.72	- 6,36; - 6,53	- 33,9	0,6	1.783	1.800
Bco. Animas G	374	260	2.900	13.4.72; 22. 8.72	- 6,82; - 6,98			1.991	725
Bco. Animas G		260	4.650	13.4.72; 22. 8.72	- 6,71; - 6,79	- 37,2	0,2	1.923	1.000
Bilbao G	373	1.000	1.690	4.4.72; 6. 7.72	- 6,57; - 6,44	- 37,3	1,1	1.810	1.255
Bilbao G		1.000	2.300	4.4.72; 6. 7.72	- 7,59; - 7,70	- 45,6		2.326	1.315
Centauro G	267	1.600	637	18.6.73	- 6,37	- 36,1	16,1	1.785	1.785
Chasna G	119	740	2.013	5.4.72; 4. 8.72	- 6,90; - 6,93	- 37,6		2.000	1.275
Cuevas Cho Luis G	302	1.200	1.730	23.3.73	- 7,84	- 43,9	1,4	2.416	1.575
Gambuesa G	300	530	3.600	28.4.72	- 7,12	- 39,0	0,9	2.090	1.225
Gambuesa de Tamadaya G	453	800	4.110	4.6.73	- 8,00	- 48,5	0,4	2.489	1.680
Honduras de Luchon	218	730	2.814	28.2.73	- 6,70	- 37,4	1,0	1.900	1.275
Lomo Cambado G	330	695	2.600	17.4.72; 4. 8.72	- 6,78; - 6,61	- 35,1		1.900	1.900
La Madre G	246	1.750	1.940	30.5.73	- 6,92	- 39,7	0,8	2.000	2.050
La Montañeta P	311	70	-	10.4.72; 3. 8.72	- 5,24; - 5,24	- 27,8		1.170	
Pasada del Santo G	365	825	3.180	16.3.72; 18. 8.72	- 5,54; - 5,72	- 26,9		1.416	1.600
Pasada del Santo G		825	4.000	16.3.72; 18. 8.72	- 6,07; - 5,96	- 28,8	0,8	1.593	1.750
Pino Soler G	120	1.605	2.120	6.4.72; 11.10.72	- 7,60; - 7,36	- 45,0	1,1	2.253	2.175
Río del Hornito G	305	1.225	2.350	14.4.72; 7. 8.72	- 5,78; - 5,97	- 45,7	2,8; 0,4	2.299	1.825
San Nicolás G	96	175	1.900	5.4.72; 9. 8.72	- 5,78; - 5,97			1.529	425
San Nicolás G		175	2.500	5.4.72; 9. 8.72	- 6,09; - 6,06	- 31,0	1,7	1.620	500
Santa Ursula (El Loro) G	75	330	2.500	11.4.72; 1. 8.72	- 5,20; - 5,31	- 25,0	1,0	1.249	1.060
Santa Ursula (El Loro) G		330	3.650	11.4.72; 1. 8.72	- 7,93; - 7,67	- 37,6; - 39,4	1,3	2.398	1.350
Vegueta P	369	42	-	10.5.72; 3. 8.72	- 5,55; - 5,51	- 23,9		1.236	
Vergara G	158	1.455	2.550	6.4.72; 25. 8.72	- 7,72; - 7,75			2.362	2.015
Vergara G		1.455	3.000	6.4.72; 25. 8.72	- 7,82; - 7,77	- 45,9	0,5	2.398	2.060

$h_i$  = Altitud de recarga a partir de  $O^{18}$

$h_c$  = Altitud del terreno superficial sobre el punto de muestreo

G = Galería

P = Pozo



Por lo tanto se puede calcular que la altitud de las zonas de recarga es mayor en Tenerife que en Gran Canaria, lo que está de acuerdo con la mayor altitud media de la isla. La ausencia de tritio en las galerías se puede explicar por el hecho de que la mayor parte captan agua de las zonas más profundas del embalse subterráneo; la galería El Centauro tiene un valor más elevado y se encuentra solamente a 150 m. bajo el nivel del terreno. Se cree que en la parte superior del nivel freático es donde se encuentra únicamente un elevado contenido en tritio.

La presencia de un efecto de altitud en el agua subterránea queda señalada por la diferencia en  $O^{18}$  entre las muestras costeras y las más altas topográficamente. Esta diferencia ha sido observada particularmente en el lado norte de la isla, indicando que la recarga tiene lugar en toda la ladera, hasta la costa.

En el lado oriental y meridional no se ha encontrado esta variación en la composición isotópica, lo que indica que la recarga tiene lugar principalmente en las elevadas montañas del interior. La menor pluviometría de estas zonas y la amplia presencia de rocas fonolíticas y traquibasaltos, explica este fenómeno.

La falta de suficientes datos no permite definir la relación altitud- $O^{18}$  para la isla de Tenerife. En la mayor parte de los casos el área calculada de recarga es demasiado alta (más de 3.000 a 4.000 m). Como posible explicación se supone que la recarga de agua subterránea en la costa tiene el mismo valor en  $O^{18}$  que en Gran Canaria, es decir, de -2,5 a -0,5‰. Otro par de valores se obtiene de la galería Centauro (utilizada debido a su alto contenido en tritio y que por lo tanto se supone que representa la recarga local, por lo que,  $h = 1.750 \pm 50$  m. y  $O^{18} = 6,37 \pm 0,1$  ‰). Supuesta una ley lineal entre estos dos puntos se obtiene:

$$O^{18} = - (0,00221 \pm 0,00030) h - (2,5 \pm 0,5)$$

siendo  $h$  = altitud en m.

En el cuadro núm. 53 se da la altitud de recarga  $h_i$  con base a esta ecuación. En ese cuadro se observa que el valor de  $h_i$  es siempre mayor que  $h_c$  (elevación de la superficie del terreno sobre el punto de muestreo) excepto en cinco casos en que prácticamente coinciden.

### 5.11. Relación $\delta O^{18} / \delta D$

La relación entre  $\delta O^{18}$  y  $\delta D$  en el agua de Tenerife se puede expresar por la siguiente ecuación:

$$\delta D = (7,94 \pm 0,55) \delta O^{18} + (16,7 \pm 3,6) \text{‰}$$

La pendiente de esta recta es prácticamente ocho, valor característico de la mayoría de las aguas de origen meteórico. Los valores medios de  $O^{18}$  y  $D$  son de -6,74 y -36,8 respectivamente y el exceso de deuterio es igual a 17,1‰, idéntico al de la precipitación y muy similar al determinado en la zona norte de Gran Canaria.

La única desviación significativa de la ecuación anterior es de nuevo la profunda surgencia más al interior de Santa Ursula. El valor de  $O^{18}$  de este agua es de alrededor de 0,8‰. Esto se explica por las elevadas emanaciones de  $CO_2$  que se encuentran en los últimos 1.000 m. de la galería.



### Edad de las aguas

Las 19 muestras analizadas muestran valores de tritio menores de 2,8 UT, con la excepción de la galería El Centauro, donde se obtuvo 16,1 UT. En la mayor parte de los casos el valor medido es igual o menor de 1. El contenido de tritio del agua de lluvia en 1972 estuvo entre 17,5 y 31,5 UT. Por lo tanto, se puede concluir que en general el agua subterránea que se extrae en Tenerife tiene una edad superior a 20 años, explicable no sólo por el hecho de que la mayor parte de las galerías extraen agua de las zonas más profundas del macizo acuífero, sino también por la extrema variación en las líneas de flujo y compartimentación del agua subterránea.

### Calidad del agua

El estudio de la calidad del agua se ha realizado únicamente a nivel de reconocimiento. Existen claras relaciones entre la dureza total y la conductividad y entre los bicarbonatos y la conductividad.

Así, siguiendo las normas usuales, la aparición de agua blanda de buena calidad, con menos de 150 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , corresponde a 450 micromhos/cm. de conductividad. Estas aguas cubren totalmente la región central de la isla, incluyendo el Teide y la Caldera de Las Cañadas y los dos flancos del área Dorsal.

Aparecen aguas de dureza media, de menos de 300 ppm  $\text{CO}_3\text{Ca}$  o 750 micromhos/cm. formando una estrecha franja que rodea a las aguas blandas.

Por encima de 500 partes por millón de dureza en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  o 1.200 micromhos/cm, las aguas son excesivamente duras y salinas. En Tenerife, tales aguas se encuentran en Santiago del Teide, oeste de Fasnia, así como a lo largo de la zona costera meridional entre Guía de Isora y Güímar, y también en los alrededores de Tejina en el norte.

En lo que se refiere al contenido en bicarbonatos, el límite de 150 partes por millón de dureza para las aguas blandas, corresponden a unos 280 mg/l de  $\text{CO}_3\text{H}$  y el agua medianamente dura, limitada a 300 partes por millón o 520 mg/l de  $\text{CO}_3\text{H}$ . El límite de 500 partes por millón de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se alcanza cuando el contenido en bicarbonatos supera los 860 mg/l.



## 6. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Resumen

- El estudio realizado ha tenido por objeto la evaluación de los recursos hidráulicos de la isla de Tenerife y el examen de los problemas científicos y económicos relacionados con su explotación. Se ha llevado a cabo durante cuatro años, mediante las siguientes actividades:

Recopilación y análisis de la información disponible.

Proceso de los datos hidrológicos y pluviométricos existentes.

Adaptación a los fines del estudio de la cartografía geológica existente a escala 1:50.000.

Confección de ocho cortes hidrogeológicos a escala 1:25.000.

Instalación y mantenimiento de una red complementaria de observación hidrometeorológica y de aforos.

Termografía infrarroja del litoral, para teledetección de surgencias costeras.

Inventario detallado de todos los aprovechamientos existentes, que ha comprendido 98 nacientes, 272 pozos, 929 galerías, 51 tomaderos, 94 embalses o depósitos de volumen importante y más de 2.600 km. de canales, y confección de una cartografía hidrológica a escala 1:25.000, donde se han plasmado los resultados del mismo.

Ejecución de 24 sondeos de reconocimiento, instalación de piezómetros para ensayos de bombeo y realización de perforaciones en galerías para estudios de piezometría e hidrodinámica.

Prospección geofísica, mediante la ejecución de 64 sondeos eléctricos verticales con líneas de emisión entre 500 y 1.600 m, y sísmica de refracción.

Ensayos de bombeo y recuperación en 13 de los 67 pozos en explotación y estudio de la amortiguación y desfase de las ondas de marea en 25 puntos.

Determinaciones in situ de temperatura, pH, CO<sub>2</sub> libre, Cl<sup>-</sup> y dureza total; análisis químicos completos de 428 muestras de agua y 33 análisis isotópicos.

Estudios monográficos preliminares, con el asesoramiento de especialistas destacados en la materia, sobre lluvia provocada, condensación artificial utilizando el agua del mar como fuente de frío, reducción de la evaporación, condensación de nieblas, economía agrícola, modelación analógica, proceso de datos, termografía infrarroja, fotointerpretación e hidrogeoquímica.

El informe actual no recoge, obviamente, más que algunos de los estudios realizados que, al no ser sincrónicos y estar redactados por profesionales diferentes, pueden presentar ligeras discrepancias; inconveniente que se ha tratado de paliar con este capítulo final, que constituye así una síntesis de resultados de las diversas investigaciones practicadas y un abanico de consideraciones sobre el complejo tema de los recursos hidráulicos y el devenir de su explotación.

- Del estudio se deduce sin ambigüedad la existencia de un sistema acuífero único, delimitado superiormente por una superficie freática continua, real si coincide con formaciones permeables y virtual en el resto de los casos. Se ha comprobado también que, a pesar de su heterogeneidad y anisotropía, obedece razonablemente



a las leyes de la hidrodinámica clásica. No obstante, las anteriores aseveraciones deben ponderarse cuidadosamente cuando el sistema no se considera a escala global.

En a medida de lo posible, dada la limitación en el tiempo de las series de datos hidrológicos, se ha efectuado una evaluación de los recursos hídricos disponibles.

Se conoce con suficiente aproximación la piezometría, flujo y calidad química del agua subterránea, y se tiene una primera estimación de los parámetros hidrológicos de las diversas formaciones afectadas.

Por último, se ha podido reconstruir con bastante fidelidad la evolución cronológica de profundidades y caudales de los diferentes aprovechamientos, lo que permite determinar las zonas sobreexplotadas y subexplotadas y predecir de alguna manera la evolución futura.

- Sería demasiado simplista deducir de esta exposición sobre el alcance del estudio, que se conocen todos los términos del problema o que el aprovechamiento de aguas subterráneas de la isla puede continuar sin mayores limitaciones. Los recursos hidráulicos constituyen un bien común por su naturaleza, escaso por su cuantía y, en último término, limitado, cuya explotación debiera ordenarse en el futuro racionalmente, en base a prefijar las extracciones admisibles por zonas, establecer embalses para aprovechamiento de aguas superficiales y regulación de los caudales de galerías, proscribir el vertido de sus excedentes y fomentar si su estudio técnico-económico fuera positivo, la ejecución de captaciones costeras, todo ello sin olvidar los medios indirectos de incrementar las disponibilidades y los aspectos socio-económicos y legales del actual status del agua subterránea.

## 6.2. Resultados

- La isla de Tenerife culmina a los 3.718 m. en el volcán Teide, tiene 269 km. de perímetro costero, 2.058 km<sup>2</sup> de superficie y 1.650 km<sup>3</sup> de volumen emergido. Su población es de unos 500.000 habitantes (243 por km<sup>2</sup>), repartidos en 31 municipios, y la capital, Santa Cruz de Tenerife, agrupa a unos 180.000.

La población activa viene a ser el 38 % de la total, y se distribuye por sectores en agricultura (34 %), industria (13 %), construcción (13 %) y servicios (40 %). El producto regional bruto procede de la agricultura en un 15 %, de la industria y construcción en un 35 % y de los servicios en un 50 %.

La industria principal es el refino de petróleo. El turismo comienza a ser importante, visitando la isla cada año del orden de medio millón de turistas. Por último, la agricultura ocupa 6.140 Has. de cultivos permanentes (plataneras) y unas 15.000 Has. de cultivos estacionales de regadío.

- La demanda real, urbana e industrial se estima en 28 Hm<sup>3</sup>/año; sin embargo, debido a las elevadas fugas en las redes de distribución, el agua aplicada por estos conceptos asciende a 47 Hm<sup>3</sup>/año (6 en la refinería, 20 en Santa Cruz de Tenerife y 21 en las restantes agrupaciones urbanas).

Las necesidades agrícolas escasamente superan los 160 Hm<sup>3</sup>/año, a pesar de haber utilizado para su deducción dotaciones exageradas, (quizás necesarias en algunos casos por el frecuente uso de aguas con carbonato sódico residual elevado), con lo que el consumo en 1975, por todos los conceptos, viene a ser de unos 207 Hm<sup>3</sup>/año.

- La demanda futura, horizonte 1985, se puede cifrar entre 225 y 240 Hm<sup>3</sup>/año: 160 de la agricultura, cuyos requerimientos no han de variar sustancialmente; 10 para la industria y 55 - 70 para una población de 700.000 habitantes.



- El relieve de la isla se puede asimilar a una pirámide de base triangular y vértice en el Teide. Sus aristas NE y NW (dorsales topográficas), bien marcadas, y la sur, más redondeada, se disponen según los ejes estructurales, desde donde se han extruido los materiales —exclusivamente volcánicos— que la constituyen que, a efectos del estudio y de techo a muro, se pueden clasificar en las siguientes unidades:

CUADRO Nº 54

Unidades diferenciadas	% del volumen total emergido	% de la longitud total de galerías en la unidad	% del caudal total aportado por las galerías de la unidad
Series Recientes	7	22	7
Series Cañadas y Traquítica	6	39	33
Serie Basáltica II	13	27	40
Serie Basáltica I	74	12	20

Las lavas y piroclastos de estas Series se disponen subhorizontalmente y están atravesadas por una red de diques, cuya densidad crece en general con la profundidad del nivel estratigráfico y cuanto menor es la distancia a los ejes estructurales. Para dar una idea de esta red indicaremos que en el inventario de galerías se cartografiaron del orden de 8.200 diques: unos 900 en 31 de las 43 galerías con caudal superior a 40 l/seg, y 7.300 en otras 284. Las restantes, hasta las 929 inventariadas, no atravesaron ningún dique.

- Para estudios globales, se pueden aceptar los siguientes valores medios de la transmisividad en  $m^2/día$ : Serie Cañadas, de 15 a 30; Serie Basáltica II de 50 a 75; Serie Basáltica I, de 25 a 50.

En cuanto a la porosidad eficaz media, se puede estimar en un 1%, según se deduce de la evolución de la superficie piezométrica en función del tiempo y de los volúmenes extraídos.

- La precipitación media anual, que suele tener lugar de octubre a abril, es de 450 mm. y varía desde unos 300 mm. en la costa norte y de 100 a 200 en la costa sur, hasta 1.000 en la Cordillera Dorsal. La pluviometría de un año seco puede llegar a ser la mitad de la media, y la de un año húmedo, el doble.

Las intensidades máximas en 24 horas, deducidas para períodos de recurrencia de 50, 100 y 500 años, son del orden de 225, 250 y 325 mm, respectivamente.

- La red hidrográfica está poco desarrollada (densidad de drenaje de 2 a 9  $km^{-1}$ ), hasta el punto de que sólo cinco barrancos tienen más de 30  $km^2$  de cuenca, y no existen datos de aforos durante suficiente número de años. En consecuencia, la escorrentía superficial se ha calculado por métodos indirectos, obteniéndose un valor medio de 65 mm, equivalentes a 133  $Hm^3$ , lo que representa el 14 % de la precipitación media anual.

El caudal específico ( $m^3/seg/km^2$ ) de las máximas crecidas en las diferentes zonas de la isla, para períodos de recurrencia de 50, 100 y 500 años, varía de 4 a 12, de 5 a 13 y de 6,5 a 17,5 respectivamente.

Existen en la isla 51 tomaderos, autorizados en precario a derivar 32  $m^3/seg$ , 15 embalses con capacidad global de 5,1  $Hm^3$ , 79 grandes depósitos y varios millares



de pequeños depósitos y aljibes, que se utilizan habitualmente para recoger aguas de galerías. La capacidad total de almacenamiento supera los 10 Hm<sup>3</sup>, pero el aprovechamiento de aguas superficiales no parece que supere los 2 Hm<sup>3</sup>/año.

- La recarga media estimada es de 262 Hm<sup>3</sup>/año, lo que representa el 28 % de la precipitación anual, y debe considerarse también como una primera aproximación al valor real; tiene lugar preferentemente en la zona central más lluviosa, y la descarga al mar se realiza de modo difuso por la costa.
- La superficie piezométrica se adapta en general al relieve, salvo en zonas determinadas. Culmina a unos 2.000 m. y tiene pendientes medias del orden del 10 ‰. El volumen total saturado es de unos 1.400 Km<sup>3</sup>, equivalente a un cilindro de 700 m. de altura y base el área insular.

Salvo en la costa y en algunos barrancos muy encajados, donde pueden obtenerse incluso niveles surgentes, la profundidad media del nivel freático varía de 150 a 250 m; para acceder a dicho nivel mediante una galería horizontal, se requieren hoy día longitudes próximas a los 2 km.

- En conjunto se explotan anualmente 228 Hm<sup>3</sup> de aguas subterráneas, que provienen de 98 manantiales (1 ‰), 67 pozos costeros (13 ‰) y 457 galerías (86 ‰).

Como consecuencia de las extracciones efectuadas desde principios de siglo, que ya superan los 6.500 Hm<sup>3</sup> y deben proceder fundamentalmente de las reservas, la superficie piezométrica se ha deprimido más de 150 m, a un ritmo que inicialmente fue de 0,3 m/año y en la actualidad es trece veces mayor (4 m/año).

- Los 67 pozos en funcionamiento explotan el agua a nivel del mar. Su profundidad media es de 76 m, pero si se pondera con el caudal llega a ser de 135 m; tienen además unos 47 m. de galerías de fondo y su caudal medio es de 13,5 l/seg. El caudal máximo es de 70 l/seg. y la potencia total instalada, entre equipo de bombeo y aire comprimido para perforación y extracción de gases, es de 16.800 CV.

En 1960 sólo existían 23 pozos en explotación con un caudal conjunto de 210 l/seg, y que habían extraído desde principios de siglo unos 90 Hm<sup>3</sup>; hasta la fecha se han aprovechado ya 280 Hm<sup>3</sup>. Se construyen ahora de 4 a 5 pozos por año (lo que representa 1 km. de perforación) y el caudal total es actualmente de 900 l/seg.

Aunque se han salinizado algunos pozos por exceso de explotación, la calidad del agua es generalmente buena, como se aprecia en el cuadro adjunto:

CUADRO Nº 55

p.p.m. de Cloruro	Número de pozos	Caudal total
< 200	21	379
200 - 500	16	191
500 - 1.000	13	151
> 1.000	5	46
Sin datos	12	135
<b>T o t a l</b>	<b>67</b>	<b>902</b>



- Las 929 galerías existentes tienen una longitud media de 1,41 km. y una potencia instalada de 19.000 CV para los equipos de perforación y extracción de gases. Las 457 galerías productivas que existen a todas las cotas, tienen una longitud media del orden de 2 km. y un caudal medio del orden de 14 l/seg.

Las más antiguas son de mediados del siglo pasado. A comienzos del presente existían unas 70, que fueron aumentando a ritmo creciente, el cual en la década 1940-1950 llegó a ser de 23 al año, para disminuir posteriormente hasta el momento actual, en que se comienzan unas 5 galerías y se trabaja reperforando en otras 170, a razón de 35 km/año.

La velocidad de perforación ha crecido siempre: desde 1,5 km/año en 1900 hasta los 35 km/año de la actualidad, pero el volumen extraído por km. ha sido prácticamente constante e igual a 5 Hm<sup>3</sup>, lo que indica que la extracción proviene fundamentalmente de las reservas y que el precio de coste del agua es del orden de 2 pts/m<sup>3</sup>. Por otra parte, para prolongar todas las galerías actuales hasta las respectivas divisorias haría falta perforar aún unos 1.300 km, lo que supone algo más de 30 años al ritmo presente.

Las aguas de las galerías son excelentes en cuanto al contenido en cloruros y sales totales, si bien es frecuente que tengan bastantes miliequivalentes de carbonato sódico residual.

- La producción actual supera a la demanda en más de 20 Hm<sup>3</sup>, que es el volumen mínimo de agua de galerías que se vierte anualmente al mar sin uso alguno.
- Los precios de venta del agua, con independencia de la calidad, varían desde 4-5 pts/m<sup>3</sup> cuando se compra todo el año, hasta 8 pts/m<sup>3</sup> cuando se adquiere en partidas sueltas. En concepto de transporte el coste del agua se incrementa en un 5-10 %.

### 6.3. Conclusiones

- La demanda actual es netamente inferior a la producción; la demanda futura, que en 1985 habrá aumentado en unos 35 Hm<sup>3</sup> más, se puede satisfacer con unos 15 Hm<sup>3</sup>/año adicionales, que parecen poder conseguirse sin dificultad del acuífero o incrementando el aprovechamiento de aguas superficiales.

Esta visión optimista debe moderarse por el hecho de estar basada en una evaluación provisional de los recursos hidráulicos y en la hipótesis de que el comportamiento futuro del acuífero va a responder a las mismas pautas que su evolución histórica.

- No es preocupante que la escorrentía anual sea inferior a la estimada, ya que se especula con valores del orden de 100 Hm<sup>3</sup>/año y no deben utilizarse actualmente más de dos. Es evidente, por tanto, que el aprovechamiento de los recursos superficiales puede y debe incrementarse mediante la construcción de embalses y depósitos, recarga artificial y, por supuesto, utilizando los excedentes de galerías.
- La infiltración anual constituye el techo del aprovechamiento de los recursos subterráneos, por lo que un nivel mayor de explotación sólo puede mantenerse durante algunos años, a costa de un progresivo y total agotamiento de las reservas. Aprovechar una fracción importante de los recursos supone, en cualquier caso, acceder a una nueva situación de equilibrio, con unas reservas menores y otra superficie piezométrica, que puede llegar a ser inaccesible desde el punto de vista económico.



Dicho de otro modo: el caudal de base de las galerías, que en definitiva es el máximo que se puede explotar, depende de la infiltración eficaz en su zona de influencia y la velocidad de descenso de la superficie piezométrica es función del porcentaje de utilización de reservas y de la porosidad del acuífero. Conocer ambos extremos resulta así vital, y únicamente puede lograrse con acierto mediante una continua y cuidadosa observación de las respuestas del acuífero a las solicitaciones a que se le somete, y por medio de sucesivos ajustes del balance. Un modelo de simulación sería también una herramienta de gran utilidad a estos efectos.

- Admitiendo que la reacción del sistema va a ser congruente con la evolución histórica y aceptando las cifras del balance establecido, sólo mantener la producción anual de las galerías exige su permanente prolongación a un ritmo de unos 40 km/año, lo que se traducirá en un encarecimiento progresivo del coste del agua, que será aún mayor cuando concluyan las oportunidades de continuación de las galerías existentes —posibilidades que no superan los treinta años— y hayan de empezarse otras nuevas, que serán estériles en sus primeros kilómetros.

Estas consideraciones y la conveniencia de reducir las descargas al mar, hacen aconsejable estudiar desde un punto de vista técnico y económico las captaciones en la costa y, en su caso, fomentarlas.

- Hasta la fecha no se han utilizado, al menos de forma práctica, las posibilidades indirectas de obtención de recursos hídricos, mediante ahorro en las dotaciones de riego, lluvia provocada, condensación de nieblas, reducción de evaporación en embalses, condesación artificial, recarga artificial, desalinización y reutilización de aguas residuales, experiencias que convendría acometer lo antes posible.
- Estas reflexiones no deben incitar al pesimismo, para el que no hay inmediatamente motivos fundados, pero sí a la adopción de severas medidas de control de la situación actual y de su evolución, a la obtención de una mayor precisión en los términos del balance y a la prosecución de estudios hidrológicos complementarios, todo lo cual induce a formular las siguientes recomendaciones.

#### 6.4. Recomendaciones

- Mantener y mejorar la red hidrometeorológica y de aforos.
- Completar el censo de concesiones y concluir el estudio de la posible regulación de los diferentes barrancos desde el punto de vista económico, determinando sus máximas crecidas y evaluando las consecuencias de las mismas. Simultáneamente, realizar un inventario exhaustivo de embalses naturales y artificiales, sin olvidar los posibles trasvases entre cuencas.
- Iniciar los estudios sobre la viabilidad de la recarga artificial en instalaciones experimentales.
- Determinar las dotaciones y calidades realmente necesarias en el agua de riego para los diferentes cultivos, lo que puede representar un ahorro sustancial del consumo.
- Instalar una red de observación hidrológica subterránea, aprovechando parte de las galerías y pozos existentes y construyendo otros nuevos en caso necesario, que permitan conocer la evolución de la superficie piezométrica y de la calidad del agua subterránea y, en su día, fijar las extracciones admisibles por zonas.
- Construir un modelo de simulación de la isla, para ensayar distintas estrategias de explotación y poder predecir el comportamiento del acuífero a corto y largo plazo.



- Proseguir los estudios hidrológicos y en particular los siguientes: mejora en el conocimiento de los parámetros del acuífero, mediante la ejecución de pozos y sus correspondientes ensayos de bombeo; definición más precisa del tiempo de tránsito, a partir de estudios isotópicos; determinación de la fisuración del macizo en profundidad, mediante el análisis de las galerías de mayor montera y la realización de pozos profundos, donde además de los registros geofísicos habituales se efectúen ensayos de dilución con trazadores radiactivos; estudio de los sistemas de explotación adecuados, desde el punto de vista del interés general, fomentando en su caso la apertura de pozos costeros; y, por último, en función de los datos foronómicos sucesivamente disponibles, ajustes del balance por zonas, especialmente en las más explotadas.
- Iniciar las experiencias para la obtención de recursos suplementarios mediante lluvia provocada, condensación de nieblas, condensación artificial y reducción de la evaporación, sin olvidar las posibilidades de la reutilización de aguas residuales.
- Investigar exhaustivamente las opciones socio - económicas que presenta la utilización de unos recursos, en cualquier caso limitados, en función de las posibilidades reales de actuación y teniendo como norte el interés general.
- Planificar el futuro aprovechamiento de los recursos hidráulicos, y arbitrar los dispositivos legales oportunos para que su explotación no redunde en detrimento innecesario de las reservas hídricas que constituyen un bien de toda la comunidad.



SAN MIGUEL DE  
LA PALMA



## INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	129
1.1. Fisiografía .....	129
1.2. Población .....	129
1.3. Agricultura y distribución de cultivos .....	130
1.4. Investigaciones previas .....	131
2. GEOLOGIA .....	133
3. HIDROLOGIA .....	135
3.1. Climatología .....	135
3.1.1. Temperaturas .....	135
3.1.2. Vientos .....	136
3.1.3. Evapotranspiración .....	136
3.2. Precipitación .....	136
3.2.1. Estudio pluviométrico .....	136
3.2.2. Red pluviométrica estudiada .....	137
3.2.3. Tratamiento de datos .....	138
3.2.4. Proceso de cálculo .....	138
3.2.5. Leyes de distribución .....	140
3.2.6. Planteamiento de la red pluviométrica .....	141
3.2.7. Trazado de isoyetas .....	141
3.3. Estimación de aportaciones totales .....	142
3.4. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas .....	144
3.5. Regulación .....	144
3.5.1. Planteamiento general .....	144
3.6. Aguas subterráneas .....	144
3.7. Máximas crecidas .....	145
4. DATOS FISICOS .....	155



	<u>Página</u>
5. RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA .....	157
5.1. Producción de agua subterránea .....	157
5.1.1. Manantiales .....	157
5.1.2. Pozos .....	158
5.1.3. Galerías .....	161
6. HIDROQUIMICA .....	165
7. BALANCE HIDRICO .....	167
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	171
8.1. Conclusiones .....	171
8.2. Recomendaciones .....	172



## INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro núm. 1 - Estadística de la población .....	130
Cuadro núm. 2 - Temperaturas medias mensuales .....	135
Cuadro núm. 3 - Evapotranspiración potencial media .....	136
Cuadro núm. 4 - Rectas de regresión y coeficientes de correlación .....	139
Cuadro núm. 5 - Precipitación media de las estaciones definitivas .....	140
Cuadro núm. 6 - Ley de Goodrich y Test de Kolmogoroff .....	141
Cuadro núm. 7 - Estimación de aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona I .	142
Cuadro núm. 8 - Estimación de aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona II .	143
Cuadro núm. 9 - Estimación de aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona III	143
Cuadro núm. 10 - Estimación de aportaciones medias .....	144
Cuadro núm. 11 - Características físicas de los materiales .....	153
Cuadro núm. 12 - Producción en las diferentes unidades .....	153
Cuadro núm. 13 - Características hidráulicas de pozos y galerías .....	153
Cuadro núm. 14 - Características físicas de la cuenca del barranco de Las Angustias .....	156
Cuadro núm. 15 - Distribución cartográfica de los pozos productivos .....	158
Cuadro núm. 16 - Distribución de los pozos por Municipios .....	159
Cuadro núm. 17 - Distribución de los pozos según su cota y caudal .....	160
Cuadro núm. 18 - Distribución de los pozos según su profundidad .....	161
Cuadro núm. 19 - Distribución de las galerías por Términos Municipales .....	162
Cuadro núm. 20 - Evolución histórica de las galerías .....	163
Cuadro núm. 21 - Producción de agua subterránea en Hm <sup>3</sup> /año .....	164
Cuadro núm. 22 - Características químicas de las aguas subterráneas .....	166
Cuadro núm. 23 - Balance hídrico por zonas .....	168
Cuadro núm. 24 - Balance hídrico por el método del ion cloro .....	169
Cuadro núm. 25 - Disponibilidades y demandas .....	169



## INDICE DE GRAFICOS Y LAMINAS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
Gráfico LP-1	Curvas típicas de agotamiento de galerías .....	121
Gráfico LP-2	Ensayo de recuperación en el pozo La Prosperidad .....	123
Gráfico LP-3	Ensayos en el pozo Juan Graje .....	125
Lámina LP-1	Mapa geográfico general .....	
Lámina LP-2	Cartografía geológica .....	
Lámina LP-3	Pluviometría media anual .....	
Lámina LP-4	Cartografía hidrogeológica .....	
Lámina LP-5	Isotermas y zonificación según CO <sub>2</sub> del agua subterránea ...	
Lámina LP-6	Zonificación según sales totales disueltas en el agua subterránea	
Lámina LP-7	Contenido en Cl <sup>-</sup> del agua subterránea .....	
Lámina LP-8	Zonificación hidro-agrológica .....	



## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. Fisiografía**

La isla de San Miguel de La Palma, la "isla bonita" del Archipiélago, está situada en su extremo noroccidental, a unos 500 Km. al W de la costa africana. Sus límites extremos son Punta Rabisca al N, Punta de Fuencaliente al S, Punta del Serradero al W y Punta Salinas al E. (Lámina LP-1).

La superficie de la isla es de 728 Km<sup>2</sup>. Su forma recuerda a un triángulo isósceles invertido, con una dimensión EW máxima de 27 Km. y longitud NS de 43 Km. Sus costas, acantiladas y sin playas, tienen un perímetro de 126 Km.

La fisiografía de la isla está caracterizada por La Caldera de Taburiente, que es Parque Nacional de España, impresionante caldera de erosión en forma de herradura con su abertura al SW, de 41 Km<sup>2</sup> de superficie y con desniveles superiores a 1.500 m.

Los puntos culminantes de este circo montañoso, en el sentido de las agujas del reloj, son Hoya Grande (1.367 m), Somada Alta (1.926 m), Roque Palmero (2.352 m), Roque de los Muchachos (2.426 m), Fuente Nueva (2.368 m), Pico de la Cruz (2.351 m), Piedra Llana (2.312 m), Corralejo (2.044 m) y Bejenado (1.833 m).

Desde Corralejo hacia el S se dirige una cordillera dorsal en la que destacan los vértices Ovejas (1.854 m), Reventón (1.435 m), Cumbre Vieja (1.504 m), Berigoyo (1.802 m), Nambroque (1.913 m), Deseado II (1.949 m), Volcán Martín (1.808 m), Montaña del Fuego (1.249 m), Fuencaliente (722 m) y San Antonio (657 m), cordillera que está salpicada de conos volcánicos recientes, subrecientes e históricos. La última erupción tuvo lugar en el Teneguía en octubre de 1971.

La red de drenaje de La Caldera de Taburiente está constituida exclusivamente por el Barranco de Las Angustias, de 57 Km<sup>2</sup> de cuenca, junto con sus afluentes, Taburiente y Almendro Amargo. En la mitad norte de la isla existe una red de drenaje relativamente bien desarrollada, destacando los barrancos de Briestas, Los Hombres, Los Franceses, del Agua y del Río. En la mitad sur, en cambio, es incipiente y no puede hablarse de tal red.

### **1.2. Población**

Según el censo de 1970, la población de la isla de La Palma era de 65.291 habitantes, de los que 13.163 vivían en la capital, Santa Cruz de La Palma. La densidad media es de 90 habitantes/km<sup>2</sup>.



La población se reparte en 14 municipios, cuyas características se recogen en el cuadro núm. 1.

CUADRO Nº 1

Municipio	Extensión Km <sup>2</sup>	Altitud m.	Población (1968)
Barlovento	44	577	2.855
Breña Alta	32	350	4.963
Breña Baja	15	320	2.913
Fuencaliente	56	700	1.873
Garafía	100	394	3.816
Los Llanos de Aridane	36	344	12.085
El Paso	135	644	5.844
Puntagorda	31	600	1.470
Puntallana	35	360	2.188
San Andrés y Sauces	43	274	6.009
Sta. Cruz de La Palma	44	8	14.673
Tazacorte	12	60	4.611
Tijarafe	54	671	3.116
Villa de Mazo	71	500	5.030

Fuente: Reseña Estadística Provincial, 1971.

La isla se comunica con el exterior a través del puerto de Santa Cruz de La Palma y de un moderno aeropuerto.

La red estatal de carreteras tiene 168 Km. y existen algunos caminos vecinales y pistas que comunican entre sí los diversos núcleos de población.

### 1.3. Agricultura y distribución de cultivos

Como en las restantes islas del Archipiélago, el censo agrario está incompleto, de forma que las superficies que se indicarán lo son a título indicativo. Proceden de diversas fuentes, desde la encuesta que se hizo en 1969 para el Plan de Desarrollo a los últimos estudios del CESSCAN.

La superficie cultivada, con las salvedades antedichas, se distribuye como sigue:

— Plátanos	1.930 Has.
— Otros cultivos permanentes	219 Has.
— Cultivos estacionales	516 Has.
— Monte alto	13.970 Has.
— Monte bajo	8.069 Has.
— Matorral	3.759 Has.
— Improductivo	44.337 Has.



Como los centros de producción y consumo de agua están muy alejados, se ha debido crear en la isla una red de distribución y almacenamiento verdaderamente atomizada que comprende más de 250 Km. de canales, 1.124 depósitos con 1,74 Hm<sup>3</sup> de capacidad y 3.442 aljibes con un volumen de 0,60 Hm<sup>3</sup>.

#### 1.4. Investigaciones previas

Los estudios de toda índole, más o menos relacionados con el tema hidráulico, realizados sobre la isla de La Palma, rebasan seguramente el centenar. De entre ellos destacamos:

- La Geología a escala 1:50.000, todavía inédita, que ha sido una generosa contribución del Departamento de Petrología y Geoquímica del C.S.I.C., sin haber dejado por eso de consultar los trabajos de Fúster, Hernández-Pacheco, Bravo, Hausen y Machado.
- La hidrología de superficie y el tratamiento de datos pluviométricos, que pueden verse en el "Estudio Hidrológico de base de la isla de La Palma".
- "Estudio Hidrogeológico de la isla de La Palma".

Pero sin duda el trabajo fundamental, sin cuya ejecución no hubiera podido concluirse este estudio, ha sido el Inventario Hidrológico de la isla de La Palma, realizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas.

Las fichas de pozos y galerías, pulcramente impresas, han sido divulgadas entre los propietarios de las explotaciones y los organismos oficiales interesados en el tema. Por otra parte, el inventario se ha plasmado en 7 hojas DIN-A-1 de un mapa en off-set a cinco colores, que también ha recibido la adecuada difusión.



## 2. GEOLOGIA

El sustrato de la isla está constituido por el denominado Complejo Basal, que aflora en la Caldera de Taburiente y en ventanas erosivas del curso alto de algunos barrancos del N y NE. Este domo impermeable alcanza una altura máxima visible de 1.600 m. sobre el nivel del mar.

Está constituido por lavas almohadilladas e hialoclastitas de composición basáltica y traquítica, intruidas por rocas holocristalinas —principalmente gabros— y por una espectacular malla de diques en todas las direcciones que representan normalmente el 60 % de la roca de caja y localmente más del 90 %.

Recubriendo este domo y como base de las formaciones volcánicas posteriores existe un paquete, de unos 100 m. de espesor de aglomerados, tras el que se formó un gran volcán en escudo de composición basáltica, constituido por un apilamiento de centenares de coladas con más de 1.000 m. de espesor, que se adaptan periclinalmente al domo del Complejo Basal. Son los Basaltos Antiguos expuestos en la mitad norte de la isla en los que cabría distinguir, al menos, las Series I y II. En ambas series los lechos de escorias suponen el 60-70 % del total, pero en la Serie I los huecos están más o menos ocluidos por materiales terrosos y los diques son sensiblemente más abundantes.

La mitad sur de la isla está constituida por coladas basálticas y tefríticas del Cuaternario reciente, emitidas desde conos de piroclastos dispuestos a lo largo de una línea volcanotectónica NS, que da lugar a la cordillera dorsal de la isla. Estas coladas de la Serie IV descienden con fuertes pendientes hacia el litoral recubriendo un sustrato, denominado Serie III o del Acantilado, constituido por otra serie basáltica, aglomerados y coladas y pitones sálicos.

Completa el cuadro geológico una importante formación de conglomerados, que aflora con cierta extensión en la desembocadura del Barranco de Las Angustias y en la zona del Riachuelo, con más de 300 m. de espesor.

El principal rasgo estructural para el control del movimiento del agua subterránea en la isla es, sin duda, la existencia del Complejo Basal en forma de domo.

No hay evidencia sobre la existencia de grandes fallas. Las observadas tienen desplazamientos que van desde algunos centímetros hasta dos metros y están asociadas casi siempre con la intrusión de diques.

La potencia de éstos varía de 15 a 200 cm, produciendo los más gruesos zonas recocidas en sus bordes y presentando algunas veces sistemas de fracturas, espaciados de 0,4 a 5 cm.



La densidad de diques es muy variable. En el Complejo Basal la equidistancia puede ser menor de 1 m. y en algunas secuencias volcánicas de la isla sólo se puede ver un dique cada 1.000 m, mientras que en la parte superior de la Serie II es de un dique cada 30 o cada 100 m.

Las coladas basálticas tienen buzamientos de  $10^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ . En la Serie II y en los Basaltos Modernos se pueden observar bien las fisuras primarias. Las secundarias afectan a toda la secuencia basáltica y son verticales.

En la lámina LP-2 se presenta a escala reducida una reproducción del mapa geológico de La Palma.



### 3. HIDROLOGIA

#### 3.1. Climatología

La isla de La Palma puede considerarse como de relieve elevado, y por lo tanto sometida a la influencia de los vientos alisios, que producen dos vertientes de climatología diferentes, la de barlovento templada y húmeda y la de sotavento templada también, pero seca. No obstante en esta isla, la zona templada seca apenas se presenta debido a la especial distribución de sus cumbres que reducen notablemente las zonas no sometidas a la acción directa de estos vientos.

##### 3.1.1. Temperaturas

Los datos disponibles sobre temperaturas medias mensuales se recogen en el cuadro núm. 2.

CUADRO Nº 2

	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Media
<b>S.C. de La Palma (30 m)</b>													
Media	22,5	20,6	18,8	17,8	17,8	17,2	18,2	19,7	21,5	22,6	23,3	23,3	20,2
<b>La Viña (230 m)</b>													
Media	18,1	15,8	13,7	12,6	12,3	14,0	14,4	14,2	16,7	17,9	18,7	19,0	15,6
Máxima	-	-	20,0	24,0	21,0	29,0	26,0	-	23,0	25,0	-	-	25,0
Mínima	-	-	12,0	12,0	12,0	12,0	13,0	-	16,0	18,0	-	-	13,5
<b>Barlovento (740 m)</b>													
Media	17,0	14,9	12,5	12,2	11,5	13,5	15,1	15,0	16,1	17,9	20,4	17,0	15,3
Máxima	25,0	22,0	19,5	20,0	18,5	22,5	26,0	23,0	28,0	27,0	37,0	30,0	24,8
Mínima	12,0	11,0	11,0	10,0	11,0	10,5	10,0	11,0	13,0	14,5	15,5	15,0	12,0

A partir de estos datos se pueden estimar las temperaturas en función de la altitud de la siguiente forma:

	Media	Máxima	Mínima
De 0 a 800 m.	15° - 20°	25° - 30°	10° - 15°
Por encima de 800 m.	13° - 17°	20° - 25°	0° - 10°



La máxima temperatura registrada ha sido 38,3° en Julio de 1952. Sin homologar, se citan 46° en Agosto de 1953.

La condensación de niebla, tema que no se ha estudiado con detalle, se ha estimado en 15 Hm<sup>3</sup>/año, suponiendo que se produce durante 100 días al año en la mitad septentrional de la isla, y equivale a unos 90 mm/año.

### 3.1.2. Vientos

No existen datos referentes a la dirección dominante del viento; no obstante por observaciones hechas en el campo y referencias obtenidas, se puede estimar que predomina la dirección NE de los alisios.

### 3.1.3. Evapotranspiración

No disponemos de datos de observación directa, así que los deduciremos de los datos de la isla de Tenerife en razón directa a las temperaturas, obteniéndose una evapotranspiración potencial media de:

**CUADRO Nº 3**

OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
85,5	61,1	46,0	42,0	41,9	55,3	63,4	79,1	101,0	126,1	127,0	106,1	934,5

Se ha estimado una evapotranspiración real de 325 mm. La evaporación libre se ha medido en La Viña (1.500 mm/año) y Barlovento (1.200 mm/año).

## 3.2. Precipitación

### 3.2.1. Estudio pluviométrico

Se ha realizado un estudio completo de precipitaciones en toda la isla, en la que se cuenta con una red pluviométrica suficientemente densa en valor medio pero cuya distribución no es homogénea dada la orografía de la isla.

Debido a esta característica, el estudio de precipitaciones ha necesitado un tratamiento estadístico muy completo, y que ha tenido los siguientes objetivos:

- Ajustar series pluviométricas suficientemente extensas, homogéneas y de garantía en el número máximo de estaciones.
- Estudiar la distribución anual y mensual de las precipitaciones.
- Establecer en una primera aproximación la red pluviométrica conveniente.



El estudio pluviométrico se ha realizado en cuatro fases:

- a) Recopilación completa de todos los datos utilizables
- b) Análisis y contraste de estos datos.
- c) Corrección, interpolación y ajuste definitivo de series básicas.
- d) Trazado de isoyetas anuales, medias mensuales y media del período.

### 3.2.2. Red pluviométrica estudiada

La isla cuenta con una red de 37 estaciones: 10 pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional, y tienen datos desde 1944, y el resto han sido instaladas por el Proyecto, existiendo datos desde 1971. La red se compone de 4 totalizadores, 2 pluviógrafos, 3 estaciones meteorológicas completas, 28 pluviómetros y 5 estaciones de aforos.

Finalizado el Proyecto, la operación de la red y el archivo y explotación de sus datos lo lleva a cabo el Servicio Hidráulico de Santa Cruz de Tenerife. Hasta la fecha se han publicado los datos e isoyetas del período 1944-45 a 1966-67 en el Estudio Hidrológico de Base y en el Informe General 2.

La pluviometría media del período 1944/45 - 1966/67, deducida utilizando 9 estaciones básicas y con ayuda de correlaciones, es de 650 mm/año. El espectro de isoyetas y la situación de la red se muestran en la lámina LP-3.

Utilizando 33 estaciones básicas, se obtuvo una precipitación media de 665 mm/año para el año 1971/72, y se pudo llegar a una mejor comprensión de la distribución zonal de la pluviometría. Se vio así que la precipitación aumenta linealmente con la altura de 0 a 700 m. De 700 a 1.700 m. este incremento es aún mayor, disminuyendo posteriormente, de 1.700 m. en adelante.

En resumen, la precipitación es de 200/300 mm. en la costa, de 1.100 a 1.150 mm. en el interior de La Caldera, y de unos 1.000 mm. en la zona más elevada de la isla. Los días de lluvia oscilan de 30 a 60 y la intensidad máxima registrada ha sido de 160 mm. en 24 horas.

Se han considerado un total de 18 estaciones utilizables, en función de los siguientes criterios:

- . Extensión de la serie utilizable en cada estación
- . Situación geográfica y necesidades de utilización de cada estación
- . Bondad de los datos disponibles

La situación de estas estaciones, que relacionamos seguidamente, puede verse en la lámina LP-3.

1. Argual
2. Barlovento
3. Breña Baja
4. Buenavista de Arriba



5. Fuencaliente (Faro)
6. Fuencaliente (Caletas)
7. Garafia
8. Las Tricias
9. Los Llanos de Aridane
10. Mazo
11. Punta Cumplida
12. Punta Gorda
13. Puntallana
14. San Andrés
15. Sta. Cruz de La Palma (I)
16. Sta. Cruz de La Palma (B)
17. Tazacorte
18. Velhoco

### 3.2.3. Tratamiento de datos

Para el análisis, contraste, corrección e interpolación de datos pluviométricos se han utilizado el método de dobles acumulaciones con dato anual y el método de correlación ortogonal a escala mensual.

### 3.2.4. Proceso de cálculo

Se ha realizado el siguiente proceso:

1. Se asignó un número a cada estación por orden alfabético y unas coordenadas convencionales.
2. Se realizó un análisis previo por métodos gráficos de comparación por zonas afines, y se obtuvieron los coeficientes de correlación de todas las comparaciones posibles.
3. Se estudiaron las correlaciones a escala mensual de todas las estaciones.
4. A la vista de dichas correlaciones se dibujaron las nubes de puntos de todas aquellas cuyo coeficiente de correlación era superior a 0,80 y se eliminaron todos aquellos puntos que presentaban una dispersión muy acusada.
5. Se volvieron a estudiar dichas correlaciones sin esos puntos y así se obtuvieron las ecuaciones definitivas, cuyos coeficientes de correlación y rectas de regresión se dan en el siguiente cuadro núm. 4.

$r$  = coeficiente de correlación

$$y = AP_0 x + AP_1$$



CUADRO N° 4

y	x	r	AP <sub>0</sub>	AP <sub>1</sub>
1	9	0,99	0,82	- 0,03
	12	0,93	0,69	- 5,45
2	14	0,94	1,30	7,15
	13	0,91	1,11	4,45
3	12	0,84	1,51	1,53
	15	0,99	1,08	- 0,97
	16	0,95	0,95	1,52
	1	0,91	1,33	1,44
4	18	0,98	1,11	- 1,41
	16	0,95	1,48	2,22
	6	0,91	1,51	- 4,86
6	1	0,96	2,25	- 6,19
	12	0,93	0,81	- 2,50
7	8	0,93	1,11	4,93
	12	0,93	1,06	- 5,48
8	12	0,99	0,95	0,71
9	12	0,95	0,81	- 5,30
10	13	0,96	1,21	-11,58
	15	0,95	1,84	6,29
	18	0,96	1,03	9,00
	4	0,96	0,96	8,39
11	14	0,94	0,45	- 1,16
	3	0,93	0,43	0,63
12	8	0,99	1,05	- 0,74
13	14	0,97	1,03	5,06
	16	0,94	1,50	11,80
	10	0,96	0,82	9,43
14	13	0,97	0,91	- 4,90
15	16	0,99	0,97	- 0,49
	18	0,95	0,65	0,25
	3	0,99	0,93	0,90
16	15	0,99	1,04	0,51
17	9	0,98	0,75	- 2,80
18	3	0,97	1,45	0,96

Finalmente y en función de los criterios de afinidad ya mencionados anteriormente se definieron las estaciones definitivas, por un total de 17 que son las siguientes:

1. Argual
2. Barlovento
3. Breña Baja
4. Buenavista de Arriba



6. Fuencaliente (Caletas)
7. Garafia
8. Las Tricias
9. Los Llanos de Aridane
10. Mazo
11. Punta Cumplida
12. Punta Gorda
13. Puntallana
14. San Andrés
15. Sta. Cruz de La Palma (I)
16. Sta. Cruz de La Palma (B)
17. Tazacorte
18. Velhoco

Los valores medios de los datos definitivos de estas estaciones que pueden verse en el Estudio Hidrológico de Base se reflejan en el cuadro núm. 5.

CUADRO Nº 5

Nº - Nombre estación	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1. Argual	43,1	76,9	47,1	79,3	43,0	33,7	15,4	8,9	2,0	1,1	0,4	2,5	353,4
2. Barlovento	127,3	181,8	114,3	157,3	64,8	70,1	36,2	20,2	5,1	2,4	5,6	24,4	809,5
3. Breña Baja	86,9	116,2	74,3	99,6	49,1	38,3	11,3	11,8	2,0	0,2	3,2	7,9	500,8
4. Buenavista de Arriba	113,2	204,0	113,9	141,9	72,6	68,6	27,3	10,6	6,6	0,8	3,3	15,7	778,5
5. Fuencaliente	64,0	127,4	83,7	88,8	46,5	48,7	18,9	9,8	4,8	0,4	0,0	5,9	498,9
7. Garafia	79,8	127,9	101,7	133,2	64,6	74,6	32,1	14,9	4,9	0,6	1,1	6,8	642,2
8. Las Tricias	70,3	122,4	98,1	122,7	59,0	69,7	37,9	14,6	4,1	0,1	0,6	6,7	606,2
9. Llanos de Aridane	56,2	102,5	64,3	85,9	47,8	43,6	19,1	11,0	3,6	0,2	0,4	3,2	437,8
10. Mazo	121,9	193,8	127,4	163,1	85,4	80,2	31,8	13,3	10,2	1,1	4,1	22,8	855,1
11. Punta Cumplida	46,3	52,0	40,2	46,3	20,6	18,5	8,0	4,0	0,8	0,4	1,7	7,9	246,7
12. Punta Gorda	72,4	138,6	88,9	125,7	63,5	67,3	40,0	16,3	5,3	0,1	0,2	8,0	626,3
13. Puntallana	108,8	132,2	96,4	132,8	47,4	57,3	25,5	17,6	5,3	1,5	10,1	18,7	653,6
14. San Andrés y Sauces	88,7	122,6	87,4	107,7	46,3	53,3	21,4	10,1	4,0	1,5	5,9	13,8	562,7
15. Sta. Cruz de La Palma I	72,6	138,7	75,8	96,6	42,0	43,4	12,8	9,9	2,0	0,2	3,0	10,1	507,1
16. Sta. Cruz de La Palma B	67,7	123,2	69,4	90,5	45,7	40,7	11,0	11,3	2,2	0,1	2,7	9,1	473,6
17. Tazacorte	36,3	65,2	41,3	60,2	31,6	28,1	11,3	6,7	1,7	0,0	0,1	1,5	284,0
18. Velhoco	113,5	174,6	96,3	140,5	71,2	62,3	23,6	16,9	3,4	0,6	2,6	13,1	718,6

### 3.2.5. Leyes de distribución

Para el estudio de las leyes de distribución a escala anual y mensual se intentaron diversas leyes, llegándose finalmente a que el mejor ajuste se obtenía por la ley de distribución de Goodrich. Se ha aplicado esta ley de distribución a escala anual a las 17 estaciones definitivas y se ha contrastado la bondad del ajuste por el test de Kolmogoroff. Los cálculos y resultados pueden verse en el cuadro núm. 6.



CUADRO Nº 6

Nº - Nombre estación	a <sup>n</sup>	x <sub>1</sub>	n	Test de $\chi^2$
1. Argual	0,0035739	101,950	0,6244441	0,90
2. Barlovento	0,0020313	357,919	0,7055193	0,90
3. Breña Baja	0,0031591	202,026	0,8074370	0,90
4. Buenavista de Arriba	0,0014284	156,690	0,5381676	0,80
5. Fuencaliente	0,0035367	244,611	0,6811589	0,60
7. Garafia	0,0024295	271,621	0,6717205	0,90
8. Las Tricias	0,0026862	271,470	0,6344742	0,80
9. Llanos de Aridane	0,0028752	124,791	0,6350040	0,90
10. Mazo	0,0014679	249,776	0,5643184	0,90
11. Punta Cumplida	0,0067700	110,922	0,7712850	0,90
12. Punta Gorda	0,0019216	165,423	0,4973837	0,80
13. Puntallana	0,0018506	175,298	0,4522891	0,90
14. San Andrés y Sauces	0,0025958	220,665	0,5768929	0,90
15. Sta. Cruz de La Palma I	0,0021335	90,662	0,5118132	0,90
16. Sta. Cruz de La Palma B	0,0026344	136,206	0,5643474	0,90
17. Tazacorte	0,0056321	121,091	0,7772824	0,80
18. Velhoco	0,0015013	128,653	0,4619706	0,90

### 3.2.6. Planteamiento de la red pluviométrica

Debido a la variedad climatológica de la isla en estudio, con cuencas muy reducidas sometidas a diferentes regímenes climatológicos, consideramos absolutamente necesario que exista una red básica, que definiremos en una primera aproximación en función de los siguientes criterios:

- Factores meteorológicos
- Factores topográficos
- Factores económicos

Una vez definida esta red básica, y en regiones de especial interés o particularmente representativas, se establecerá una red secundaria cuyos criterios dependerán, principalmente, de las necesidades de todo tipo: hidráulicas, agrícolas, urbanas, etc.

En función de la información obtenida en el Estudio Hidrológico de base y condicionando la red pluviométrica óptima a la existente actualmente, se llega a una red básica compuesta por 15 pluviógrafos, 29 pluviómetros y 2 totalizadores. Esta red, establecida, como ya hemos dicho, en base a la actual, se ha fijado con criterios de utilización del máximo número de estaciones de garantía actualmente en explotación y tratando de que el coste sea el mínimo posible.

### 3.2.7. Trazado de isoyetas

Una vez definidos los datos de base en todas las estaciones definitivas, considerando además todos los datos, y teniendo en cuenta la topografía y las diversas influencias climáticas, se han dibujado las isoyetas anuales así como las isoyetas medias mensuales y media anual del período, que puede verse en la lámina LP-3.



### 3.3. Estimación de aportaciones totales

Prácticamente son inexistentes los datos sobre aforos en toda la isla; de la bibliografía consultada sólo se han encontrado estimaciones en zonas muy concretas y sólo para valores medios.

A la vista de esta carencia de datos se ha optado por estimar las aportaciones en función de la pluviometría, y de las características geológicas e hidrogeológicas generales, geomorfología y datos físicos de las cuencas consideradas.

A la estimación del dato mensual, se ha llegado por el siguiente proceso:

- a) Se ha dividido la isla en tres zonas que pueden verse en la lámina LP-3, atendiendo a sus características climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas y a los resultados del estudio pluviométrico realizado.
- b) Se ha estimado en función de dichas características un coeficiente de escorrentía medio para cada zona.
- c) A partir de la isoyeta media del período estudiado en el estudio pluviométrico se ha obtenido la precipitación media de cada zona.
- d) Dentro de cada zona se ha escogido una serie de estaciones cuya media fuera sensiblemente igual a la precipitación media obtenida de la isoyeta media; la media de estas estaciones se ha considerado como estación base.
- e) En función de los datos de evapotranspiración obtenidos por diferentes métodos empíricos y de la escorrentía media estimada se ha ajustado gráficamente una curva para cada zona que relaciona la precipitación mensual con la aportación específica.
- f) Con los datos mensuales de precipitación de las estaciones base y utilizando las curvas respectivas obtenidas en el apartado anterior se ha obtenido la serie de aportaciones específicas correspondientes al período de lluvias estudiado.
- g) A partir de las series de aportaciones específicas de cada zona se han obtenido las aportaciones mensuales y anuales, que pueden verse en los cuadros núms. 7, 8 y 9.

**CUADRO Nº 7**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona I**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1944 - 1945	19.1	2.6	0.2	35.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	58.6
1945 - 1946	0.3	35.1	5.4	4.3	0.0	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	46.5
1946 - 1947	0.7	7.7	5.2	5.3	6.3	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	34.4
1947 - 1948	1.3	0.0	0.0	0.1	3.3	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
1948 - 1949	0.4	0.0	0.9	3.0	0.0	17.2	0.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7
1949 - 1950	1.6	8.4	50.4	4.7	2.1	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	76.7
1950 - 1951	12.5	86.3	0.9	9.5	6.6	1.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	119.4
1951 - 1952	1.3	8.9	2.9	10.1	1.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7
1952 - 1953	0.1	31.5	0.0	33.4	4.3	1.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.0
1953 - 1954	46.2	8.0	25.6	5.7	1.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	86.6
1954 - 1955	0.2	30.2	1.8	0.0	0.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0
1955 - 1956	35.9	64.8	3.4	29.6	37.4	1.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.6
1956 - 1957	0.8	31.7	0.3	74.3	0.2	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.2
1957 - 1958	21.3	4.3	14.9	19.1	9.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.3
1958 - 1959	0.1	3.9	2.8	1.6	0.4	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8
1959 - 1960	14.7	14.7	0.2	1.2	1.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.6
1960 - 1961	0.4	4.4	8.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	15.3
1961 - 1962	11.2	0.8	2.2	1.7	0.1	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7
1962 - 1963	29.4	9.5	31.8	18.3	11.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.6
1963 - 1964	0.0	2.9	0.3	18.8	0.0	1.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	23.3
1964 - 1965	0.3	0.0	20.0	16.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9
1965 - 1966	13.9	64.6	1.2	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.2
1966 - 1967	1.4	12.1	0.3	0.0	0.7	0.0	0.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.2	18.5
Aportación media	9.3	18.8	7.8	12.7	3.8	3.4	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	56.8



**CUADRO N° 8**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona II**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1944 - 1945	5.6	0.7	0.0	10.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6
1945 - 1946	0.0	11.1	1.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7
1946 - 1947	0.2	3.6	1.4	1.6	2.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6
1947 - 1948	0.4	0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1948 - 1949	0.2	0.0	0.6	0.6	0.0	7.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5
1949 - 1950	0.1	1.8	14.6	2.9	1.6	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2
1950 - 1951	2.0	26.1	0.3	2.0	1.8	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
1951 - 1952	0.1	2.7	1.6	3.4	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5
1952 - 1953	0.0	8.1	0.0	10.9	0.7	0.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4
1953 - 1954	11.1	2.2	15.9	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.8
1954 - 1955	0.3	14.2	0.9	0.1	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8
1955 - 1956	7.6	22.1	0.0	7.9	16.2	1.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.0
1956 - 1957	0.3	7.4	0.0	12.3	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.3
1957 - 1958	8.2	1.9	5.1	5.9	2.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.9
1958 - 1959	0.0	0.4	2.4	4.7	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4
1959 - 1960	1.8	4.9	0.0	0.7	0.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
1960 - 1961	0.2	2.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.1
1961 - 1962	3.4	0.7	3.0	0.9	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8
1962 - 1963	9.3	3.6	9.9	13.1	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4
1963 - 1964	0.0	0.7	1.1	12.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9
1964 - 1965	0.0	0.0	7.7	5.2	1.9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9
1965 - 1966	9.8	13.9	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5
1966 - 1967	0.3	1.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
Aportación media	2.6	5.6	2.9	4.4	1.4	1.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8

**CUADRO N° 9**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona III**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1944 - 1945	7.5	0.9	0.0	10.8	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7
1945 - 1946	0.0	14.4	2.5	2.7	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
1946 - 1947	0.2	3.2	2.8	1.4	3.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	14.1
1947 - 1948	0.2	0.2	0.0	0.0	1.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
1948 - 1949	0.7	0.0	2.7	0.4	0.0	13.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3
1949 - 1950	0.2	1.5	15.3	2.0	0.6	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7
1950 - 1951	1.8	22.9	0.7	1.2	1.2	0.3	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.9	30.0
1951 - 1952	0.0	3.9	0.7	2.2	3.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3
1952 - 1953	0.0	12.6	0.0	17.7	0.8	0.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6
1953 - 1954	15.2	4.8	19.1	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.1
1954 - 1955	0.0	21.2	1.2	0.0	0.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4
1955 - 1956	11.3	34.2	1.0	8.2	20.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.9
1956 - 1957	0.7	15.4	0.0	26.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.5
1957 - 1958	14.6	2.0	10.5	6.4	5.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.6
1958 - 1959	0.0	0.6	3.5	0.9	0.2	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7
1959 - 1960	0.8	4.9	0.0	1.7	0.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2
1960 - 1961	0.2	6.7	3.9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.0
1961 - 1962	2.4	1.7	1.4	0.1	0.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6
1962 - 1963	16.6	6.2	23.1	22.7	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.0
1963 - 1964	0.0	0.2	0.4	21.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.4
1964 - 1965	0.1	0.0	10.9	6.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8
1965 - 1966	14.2	39.8	0.0	0.1	0.5	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.7
1966 - 1967	0.5	3.1	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.1
Aportación media	3.8	8.7	4.3	6.1	2.0	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.1



A continuación se dan los valores medios obtenidos:

**CUADRO Nº 10**

Zona	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Pluviometría (mm)	Aportación (Hm <sup>3</sup> )	Escorrentía Total
I	363	731	55,9	0,21
II	63	629	18,5	0,47
III	302	574	26,6	0,15
Total	728	660	101,0	0,21

### 3.4. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas

En función del estudio completo de precipitaciones de los cálculos de evapotranspiración de las condiciones geológicas e hidrogeológicas, de las características físicas y de los escasos datos directos de escorrentía superficial, se han estimado los siguientes valores medios que deben tomarse con las reservas propias de la metodología empleada.

Aportación superficial .....	90 Hm <sup>3</sup>
Aportación subterránea .....	11 Hm <sup>3</sup>

### 3.5. Regulación

#### 3.5.1. Planteamiento general

Se han calculado las curvas de regulación a caudal fijo para cada zona. Las curvas de regulación con demanda variable no se han considerado necesarias ya que la distribución de los consumos mensuales es sensiblemente constante a lo largo del año; estas curvas de regulación deben considerarse únicamente como valores indicativos de comparación en las distintas zonas. Las leyes de distribución y las curvas de regulación se han calculado con la misma metodología que se cita en la isla de Tenerife y todos los cálculos y resultados pueden verse en el Estudio Hidrológico de Base.

### 3.6. Aguas subterráneas

Las consideraciones que a continuación se resumen son el resultado del análisis de los diferentes datos del inventario, ensayos de laboratorio sobre 39 muestras de rocas, ensayos de bombeo en dos pozos equipados con los correspondientes piezómetros, bombeos y recuperaciones en otros pozos, estudio de la evolución histórica de caudales en 7 galerías, determinaciones del amortiguamiento y desfase de las mareas en pozos y perforaciones, ensayos Lefranc y Lugeon en sondeos, observaciones geológicas detalladas y análisis de los datos hidroquímicos.



Resultaría inviable reproducir con detalle todas las investigaciones realizadas, por lo que únicamente se reflejan las siguientes:

- Curvas típicas de agotamiento de galería . . . . . gráfico LP-1
- Ensayos de recuperación en un pozo (La Prosperidad) . . . . . gráfico LP-2
- Ensayos de bombeo y recuperación en un pozo (Juan Graje) . . . . . gráfico LP-3
- Cartografía hidrogeológica de La Palma . . . . . lámina LP-4

amén de los cuadros sobre características físicas de los materiales (cuadro núm.11), producción en las diferentes unidades (cuadro núm. 12) y características hidráulicas de pozos y galerías (cuadro núm. 13), que se reproducen a continuación.

Unas breves consideraciones sobre la lámina LP-4, en la que se representa la superficie piezométrica, deducida de los pozos, galerías y nacientes. Como es obvio, por la carencia de elementos de control, la representación en la zona sur de la isla no pasa de ser una hipótesis de trabajo. En el norte, en cambio, la superficie virtual se conoce con suficiente precisión. Se ve que hay un buen acuerdo con la superficie topográfica, con unas grandes líneas de drenaje a lo largo de los principales barrancos: Las Angustias, del Agua, del Río, La Madera, Los Hombres y Briestas. La pendiente de esta superficie piezométrica es próxima al 15 % y el espesor no saturado varía de 250 a 400 m.

El flujo está condicionado por el Complejo Basal impermeable, como se indica en el corte de la citada lámina LP-4, por lo que la cartografía del techo de este Complejo resultaría del mayor interés.

Suponiendo que las porosidades eficaces sean del 5 al 10 %, las reservas se pueden estimar comprendidas entre 1.500 y 3.000 Hm<sup>3</sup>.

### 3.7. Máximas crecidas

En la isla de La Palma no existen series de datos utilizables de valores máximos ni de caudales instantáneos, ni valores de máxima precipitación en 24 horas.

Con objeto de completar el estudio hidrológico y tener, al menos en una primera estimación, los valores de máxima crecida, se ha realizado un estudio considerando como factores condicionantes, además de las características geomorfológicas de las zonas seleccionadas, su vegetación y valor de precipitación. Se ha ajustado una fórmula empírica, función del índice de pendiente, de la superficie de cuenca y de la longitud máxima de la red de drenaje, habiéndose obtenido los coeficientes de la misma por comparación de los distintos factores que intervienen en la máxima crecida con la isla de Tenerife.

La fórmula considerada ha sido la siguiente:

$$Q = 10 \cdot S \left( \frac{L}{4 \cdot l_p} \right) - \frac{2}{3} \cdot K$$

Siendo:

Q = Caudal de máxima crecida para un tiempo de recurrencia de 100 años y un intervalo de variación de  $\pm 20\%$ .



**S** = Superficie de cuenca, en  $\text{km}^2$ .

**L** = Longitud del cauce mayor, en km.

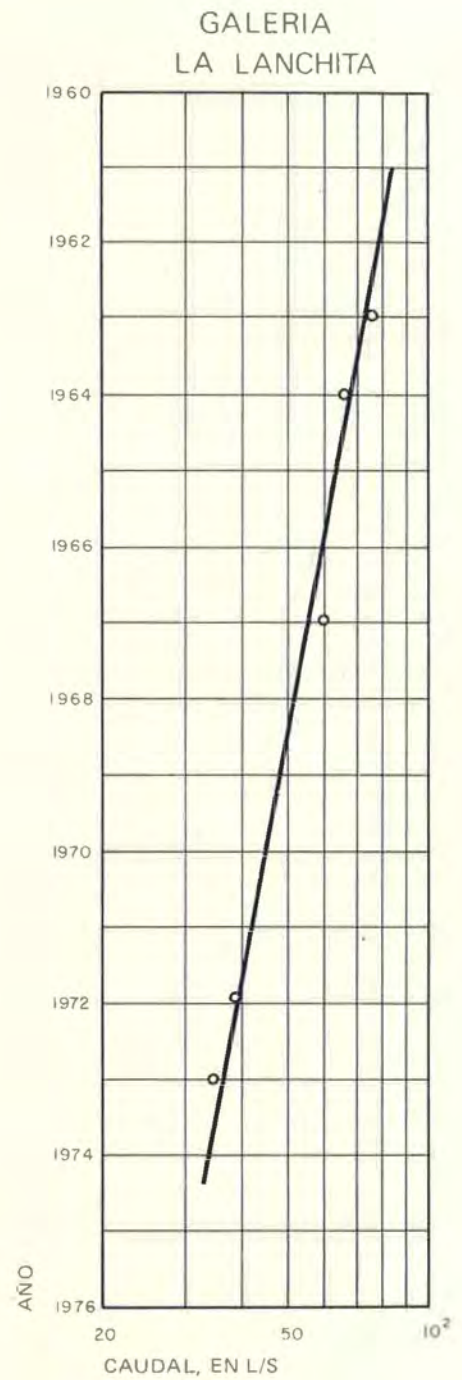
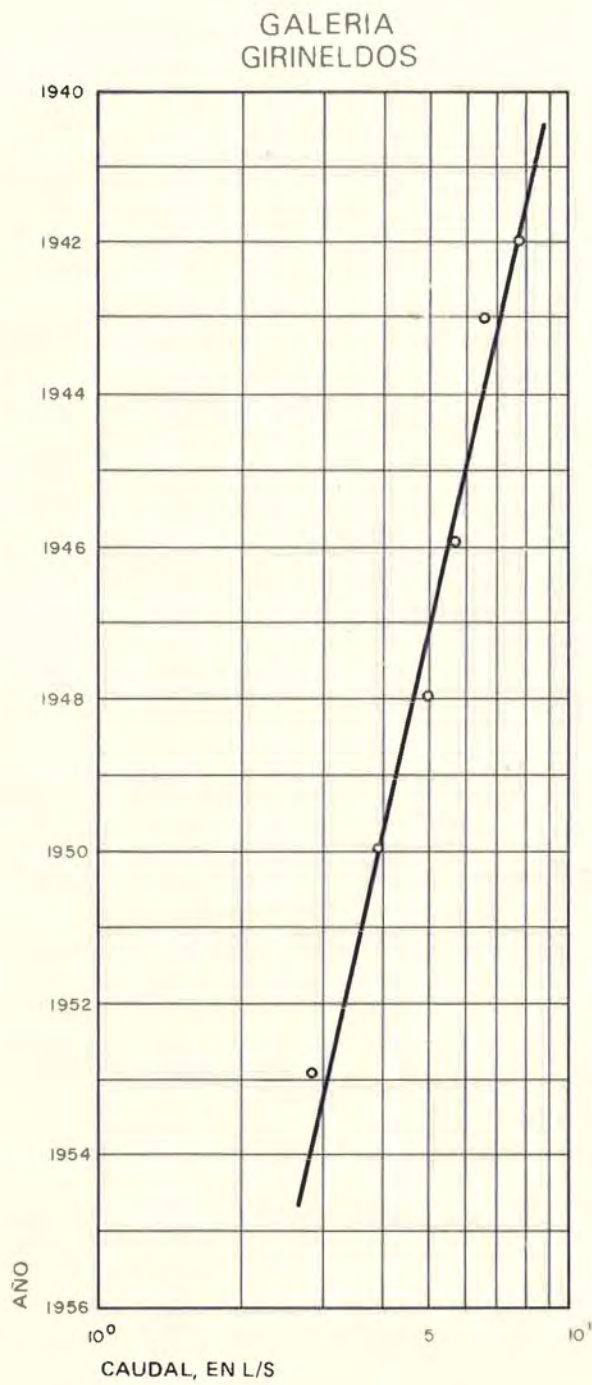
**I<sub>p</sub>** = Índice de pendiente.

**K** = Valor característico de la cuenca, en función de su geología, vegetación y precipitación máxima.

Se han estimado para K valores de 0.9, 1.0 y 0.7 para las zonas I, II y III.

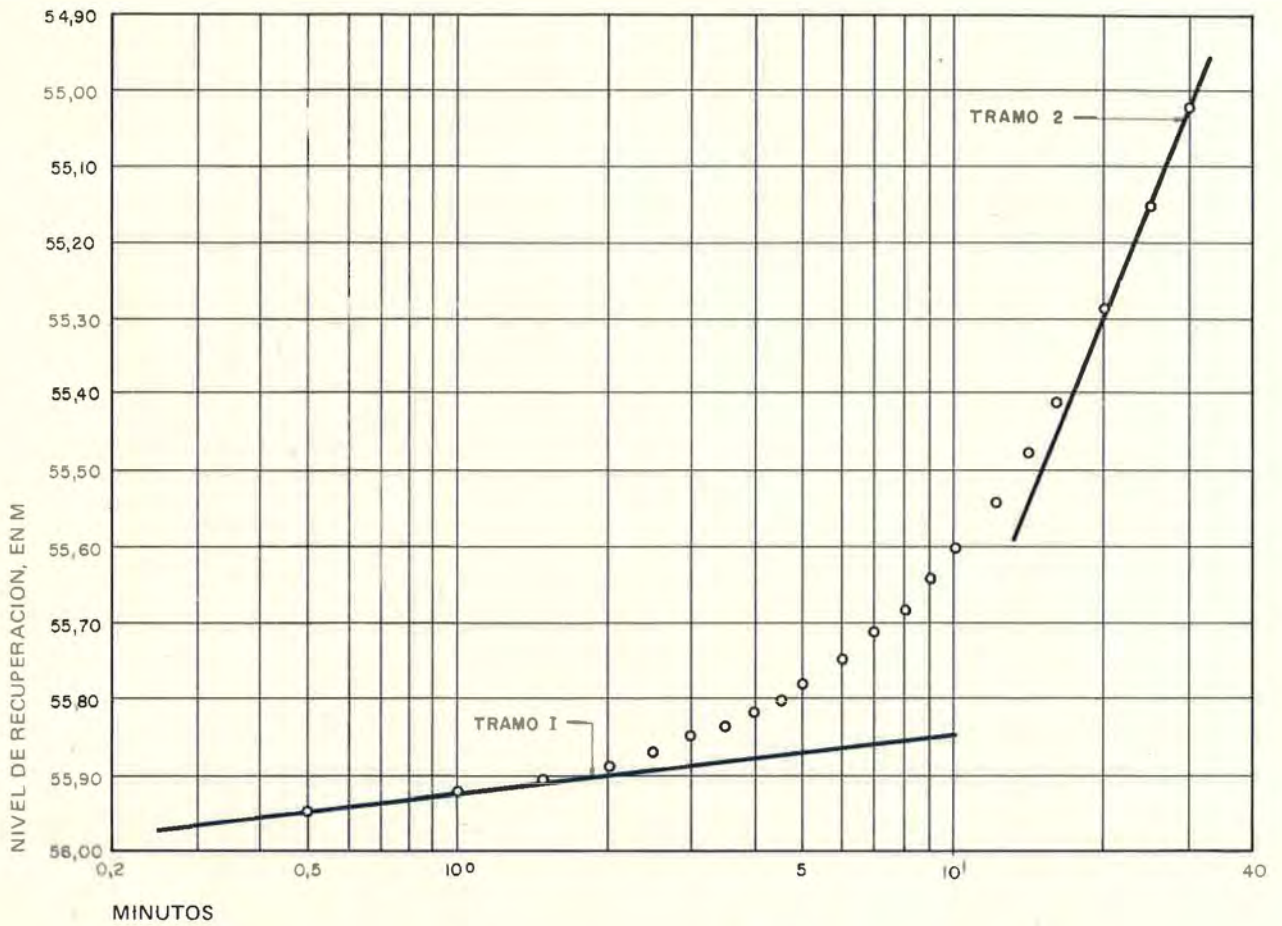


# CURVAS TÍPICAS DE AGOTAMIENTO DE GALERIAS





# ENSAYO DE RECUPERACION EN EL POZO LA PROSPERIDAD



TRAMO 1. (Influenciado por la galería)

$$Q = 4.600 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\Delta s_{1,0} = 0,08 = 0,183 \frac{Q}{T}$$

$$T = \frac{Q \cdot 0,183}{0,08} = 10.600 \text{ m}^2/\text{día}$$

TRAMO 2.

$$\Delta s_{1,0} = 1,57$$

$$T = \frac{Q \times 0,183}{1,57} = 540 \text{ m}^2/\text{día}$$

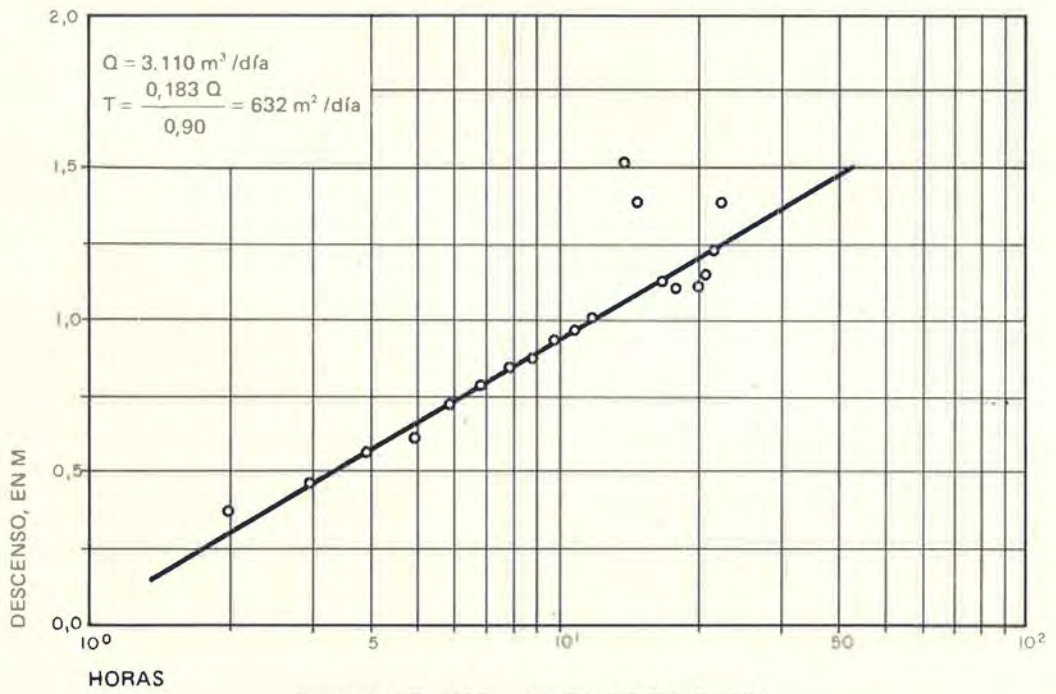
NOTA.— El ensayo fué realizado  
el 15 Julio de 1972



# ENSAYOS EN EL POZO JUAN GRAJE

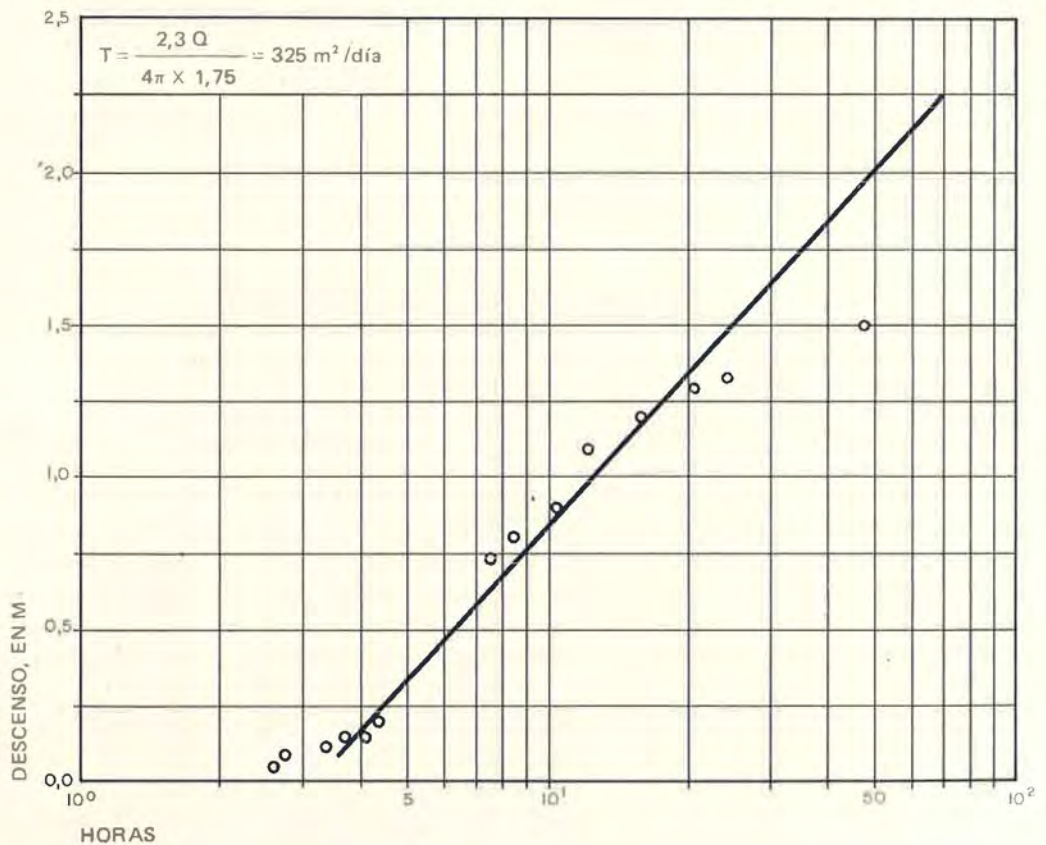
## ENSAYO DE BOMBEO

(28 Mayo 1973)



## ENSAYO DE RECUPERACION

(29 Mayo 1973)





CUADRO Nº 11

## Características físicas de los materiales

	Porosidad total %	Porosidad eficaz %
Aluviones mal graduados	25	5
Aluviones bien graduados	30	20
Depósitos laháricos	40	2
Escorias de base	40	20
Lavas en coladas delgadas	30	10
Lavas en gruesas coladas	5	0

CUADRO Nº 12

## Producción en las diferentes unidades

Basaltos Serie I	1.240 l/sg.	46 %
Basaltos Serie II	689 l/sg.	26 %
Formaciones aglomeráticas	468 l/sg.	17 %
Depósitos aluviales	285 l/sg.	11 %

CUADRO Nº 13

## Características hidráulicas de pozos y galerías

Nombre	Cota	Longitud o profundidad	Caudal l/seg.	Método	Coefficiente de almacenamiento %	Transmisividad m <sup>2</sup> /día	Distancia de influencia
Galería La Unica	1.015	2.116	3,3	Exponencial	5 - 15	5 - 35	1.300
Galería Las Mercedes I	635	1.175	33,3	Exponencial	5 - 15	5 - 20	1.500
Galería Risco Blanco I	890	1.632	9,3	Exponencial	5 - 15	5 - 30	1.000
Galería La Lanchita	785	2.845	14,0	Exponencial	15 - 20	50 - 80	2.000
Galería La Guindaresa	775	3.411	16,6	Exponencial	15 - 20	400 - 600	5.000
Galería Girineldos	300	3.912	40,0	Exponencial	15 - 20	180 - 250	4.000
Galería La Cumbrecita	1.183	1.028	0,5	Exponencial	10 - 15	5 - 10	1.000
Naciente Gallegos	1.300	-	23,0	Exponencial	15 - 20	25 - 35	2.500
Pozo El Salto	110	107	9,0	Theis-Jacob	-	570 - 580	
Pozo La Prosperidad	56	56	53,3	Theis-Jacob	-	540	
Pozo San Antonio	17	16	60,0	Theis-Jacob	-	530	
Pozo Zona Alta	76	72	133,3	Theis-Jacob	-	2.050 - 2.180	
Pozo Juan Graje	29	28	36,0	Ferris	1 - 10	400 - 4.000	
Pozo Juan Graje	29	28	36,0	Theis-Jacob	-	325 - 632	



#### 4. DATOS FISICOS

Se ha hecho un estudio de datos físicos en el barranco de Las Angustias con el fin de determinar una serie de características que enumeramos a continuación:

- Superficie
- Perímetro
- Rectángulo equivalente
- Curva hipsométrica
- Índice de compacidad
- Índice de pendiente

El rectángulo equivalente es un rectángulo que tiene la misma superficie de cuenca, el mismo coeficiente de Gravelius e idéntica repartición hipsométrica; se trata de una transformación puramente geométrica de la cuenca, en un rectángulo del mismo perímetro, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas al lado menor.

La curva hipsométrica nos da las superficies dominadas por cada cota.

El índice de compacidad es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo de la misma superficie.

El índice de pendiente, que se deduce del rectángulo equivalente, tiene un valor que viene dado por la fórmula:

$$I_p = \frac{n}{n-2} \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})} \sqrt{\frac{1}{L}}$$

Siendo:

$I_p$  índice de pendiente

$n$  número de curvas de nivel existentes en el rectángulo incluidos los extremos

$a_1, a_2, a_n$  cotas de las  $n$  curvas de nivel consideradas

$\beta_i$  fracción de superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas  $a_i, a_{i-1}$

$L$  longitud del lado mayor del rectángulo

Las características citadas, se resumen en el siguiente cuadro:



CUADRO Nº 14

Superficie (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Índice de compacidad	Rectángulo equivalente		Índice de pendiente
			L	I	
56,50	37,00	1,37	14,64	3,86	0,40



## 5. RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA

### 5.1. Producción de agua subterránea

El agua subterránea se obtiene en la isla de La Palma a partir de manantiales (150), pozos (52) y galerías (158). En los años 1971 y 1972 se hizo un inventario detallado de todas estas explotaciones y simultáneamente se efectuaron determinaciones in situ y toma de muestras para análisis completos, con un levantamiento cartográfico de todas las galerías a escala 1:5.000, labor que se ha recogido en las correspondientes fichas y que se ha plasmado, para su más fácil manejo, en mapas a escala 1:25.000.

A continuación se resumen los datos más importantes del citado inventario y algunas de las conclusiones que se derivan de su estudio. (Lámina LP-4).

#### 5.1.1. Manantiales

Existen unos 150 manantiales, con un caudal medio de 500 l/seg, máximo de 750 l/seg. y mínimo de 300 l/seg. Su distribución por caudales es la siguiente:

Intervalo de caudales l/seg.	Nº de manantiales	Caudal medio total l/seg.
0 - 1	113	70
1 - 10	28	150
Mayor de 10	9	280

Sólo en el interior de La Caldera hay 120 manantiales, de los que se tienen algunos aforos desde 1954. Hay 93 manantiales con caudales inferiores a 1 l/seg, 23 comprendidos entre 1 y 10 l/seg. y únicamente 4 con caudal superior a 10 l/seg. Los mayores son los de los Cantos de Turugumay, que suman en conjunto 46 l/seg. Los manantiales de La Caldera totalizan unos 300 l/seg.

Estos manantiales de La Caldera se suelen localizar entre las cotas 1.000 y 1.500, generalmente en el contacto del Complejo Basal con las series basálticas posteriores, aunque algunos de ellos aparecen en contactos intraformacionales a cotas del orden de 500 m.



En el exterior de La Caldera hay unos 30 manantiales. Los más importantes son los de Marcos, Cordero, Caldero de Marcos, del Río y Gallegos, estos dos últimos en los barrancos de igual denominación y los tres primeros en el Barranco del Agua.

Los tres manantiales del Barranco del Agua, situados entre las cotas 1.300 y 1.350, también en el contacto del Complejo Basal con las series basálticas posteriores, tienen un caudal medio de 150 l/seg, con máximo de 200 y mínimo de 100. El manantial de Gallegos, a la cota 1.300, oscila entre 20 y 30 l/seg, con una media de 23 l/seg. El manantial del Río, a la cota 1.200, tiene un caudal medio de 30 l/seg.

Los manantiales más altos son La Mejorada (2.200 m) y Vizcaíno (2.150 m).

Algunos de los nacientes, en especial los de la mitad noroeste de la isla, son manantiales colgados, que afloran en las Series I y II a favor de contactos intraformacionales, almargres o sistemas de fisuras interconectadas. Pero, en general, los manantiales son afloramientos de la superficie piezométrica, que ha quedado al descubierto por la erosión remontante de los profundos barrancos de la zona, Las Angustias, del Agua, del Río y Gallegos. Para comprobarlo, basta ver el gradiente que resulta de dividir su cota por la distancia al mar, con lo que se obtienen valores del orden del 15 ‰, que es lo normal en la superficie piezométrica a esas alturas.

### 5.1.2. Pozos

Los pozos de la isla de La Palma son semejantes a los de otras islas del Archipiélago. Son pozos ordinarios, de unos 2,50 m. de diámetro, en los que son frecuentes las galerías y "catas" (sondeos) en todas las direcciones. Algunos de ellos son un simple acceso a una galería que se explota como tal o mediante un pozo en su frente, caso normal en las proximidades de la costa para evitar el problema de la intrusión.

En La Palma existen 52 pozos, con una profundidad acumulada de 2.593 m, unas galerías de pozo que totalizan 7.697 m. y un caudal conjunto de 883 l/seg. Sin embargo, sólo 39 de estos pozos son significativos, es decir, tienen más de 30 m. o, en su defecto, producen más de 1 l/seg. De estos 39 pozos son productivos 22, pero hay que hacer notar que los 17 pozos estériles lo son por falta de profundidad.

CUADRO Nº 15

Número de la Hoja del 1:5.000	Número de pozos	Caudal		Lámina equivalente (mm)
		l/seg.	Hm <sup>3</sup> /año	
51	8	448	14,15	1.180
45	3	232	7,30	607
49	4	74	2,34	195
36	1	50	1,57	131
61	2	46	1,45	120
75	1	14	0,44	37
56	1	10	0,31	26
42	1	5	0,16	13
55	1	3	0,09	8



CUADRO Nº 16

Distribución de los pozos por Municipios

Municipio	Nº de pozos	Profundidad total (m)	Longitud galerías (m)	Nº de pozos con agua	Profundidad total (m)	Caudal (l/seg)	Rendimiento medio de los pozos con agua (l/m/min)	Potencia instalada (CV)	Pozo más profundo (m)	Pozo de mayor caudal (l/seg)
Barlovento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Breña Alta	9	266	474	3	24	31	77	177	175 Amargavino	14 Ruston
Breña Baja	2	63	5	-	-	-	-	-	44 El Cantillo	-
Fuencaliente	3	166	810	1	69	14	12	165	69 El Delirio	20 Rosas del Banco
Garafía	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Los Llanos	2	119	1.327	3	212	225	64	445	75 Zona Alta	130 Zona Alta
El Paso	6	404	600	-	-	-	-	265	166 La Fuerza	-
Punta Gorda	2	60	20	-	-	-	-	-	50 Garome	-
Puntallana	5	309	30	1	130	50	19	82	130 El Espigón	50 El Espigón
S. Andrés y Sauces	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S.C. de La Palma	6	291	1.214	3	170	51	18	8	114 El Roque	26 El Roque
Tazacorte	13	458	2.644	10	394	484	74	3.825	107 El Salto	90 El Salto
Tijarafe	4	429	436	1	154	27	10	558	166 S. del Jurado	27 Remolino
Villa de Mazo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total o media	52	2.565	7.560	22	1.153	882	46	5.465	175 Amargavino	130 Zona Alta



CUADRO Nº 17

## Distribución de los pozos según su cota y caudal

Cotas		Sin agua	0 - 5 l/seg.	5 - 10 l/seg.	10 - 20 l/seg.	20 - 50 l/seg.	50 l/seg.
0 - 50	Número	14	2	1	4	2	4
	Profundidad total (m)	330,2	24,0	8,8	111,3	74,2	70,5
	Caudal total l/seg.	0	8,3	10	68	59,5	260
50 - 100	Número	4	0	1	1	0	2
	Profundidad total (m)	225,2	0	83	69	0	126,8
	Caudal total l/seg.	0	0	10	13,7	0	185
100 - 150	Número	2	0	0	0	3	2
	Profundidad total (m)	151	0	0	0	398,0	203
	Caudal total l/seg.	0	0	0	0	103	165
150 - 250	Número	5	0	0	0	0	0
	Profundidad total (m)	450,3	0	0	0	0	0
	Caudal total l/seg.	0	0	0	0	0	0
250 - 500	Número	5	0	0	0	0	0
	Profundidad total (m)	261	0	0	0	0	0
	Caudal total l/seg.	0	0	0	0	0	0
Totales	Número	30	2	2	5	5	8
	Profundidad total (m)	1.417,5	24	91,8	180,3	472,2	400,3
	Caudal total l/seg.	0	8,3	20	81,7	162,5	610



Los pozos se concentran en dos zonas principales, las desembocaduras de los barrancos de Las Angustias y Tenisca, y los alrededores de Santa Cruz de La Palma. Todos ellos se encuentran en tan solo 9 hojas del mapa 1:5.000 (de 12 Km<sup>2</sup> cada una de ellas), de las 82 que componen la isla, como se recoge en el cuadro núm. 15.

Es de advertir, además, que la hoja núm. 45 es contigua por el N a la hoja núm. 51.

La distribución de los pozos se recoge, por municipios, en el cuadro núm.16, por cota y caudal en el núm.17 y por profundidades en el núm. 18.

#### CUADRO Nº 18

##### Distribución de los pozos según su profundidad .

Profundidad	N ú m e r o			Profundidad total (m)	Caudal (l/seg)
	Total	Con agua	Sin agua		
0 - 10	13	4	9	83	92
10 - 50	20	9	11	640	313
50 - 100	12	5	7	879	283
100 - 150	4	3	1	499	166
150 - 200	3	1	2	494	27
Total	52	22	30	2.595	882

#### 5.1.3. Galerías

Las galerías de La Palma son similares a las de las restantes islas. Tienen una sección de 1,20 a 1,50 m, por 1,80 a 2,00 m. de altura; su pendiente es del 0,5 al 1 % y su situación se ha escogido por la existencia previa de fuentes o galerías con gran caudal en la zona y, en ocasiones, tratando de llegar a algún contacto entre formaciones geológicas.

Los datos generales que se resumen a continuación presentan leves diferencias por las distintas épocas en que se confeccionaron. En el cuadro núm.19 se presenta la distribución de galerías por términos municipales y en el núm. 20 la evolución histórica de las galerías.

Las galerías con agua han servido para dibujar el mapa de isopiezas de la lámina LP-4. Se observa que los gradientes oscilan del 8 al 18 %, con una media aproximada al 15 %. La cota roja de las galerías en su frente varía de 400 m. (Los Poleos) a más de 1.000 m. (Caboco), lo que indica claramente el carácter preferencial de la circulación vertical.

Resumiendo los datos de manantiales, pozos y galerías, se tienen las producciones máximas posibles de agua subterránea, ya que los pozos sólo funcionan de 8 a 10 meses por año. Los resultados se presentan por términos municipales en el cuadro núm.21, en el que claramente se aprecian los términos municipales sobreexplotados.



CUADRO N.º 19

## Distribución de las galerías por términos municipales

Término municipal	N.º total de galerías	Longitud (Km)	Galerías con agua	Longitud (Km)	Caudal (l/seg)	Rendimiento de las productivas l/seg/Km.	Galería más larga (m)		Galería de mayor caudal (l/seg)	
Barlovento	18	26,8	9	21,8	247	11,3	Pajaritos	4.643	El Cerco	61
Breña Alta	21	20,9	4	9,0	86	9,6	Hª de Breña Alta	3.637	Hª Breña Alta	37
Breña Baja	1	0,9	0	-	-	-	Garabato	888	-	-
Fuencaliente	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-
Garafía	15	23,9	5	11,1	101	9,2	Guindaresa	3.411	Minaderos	67
Los Llanos	2	2,5	1	0,6	13	21,7	Sª de los Enamorados	1.927	El Risco	13
El Paso	40	34,1	30	30,0	136	4,5	El Fuerte	3.054	Tenerra	53
Punta Gorda	1	2,0	-	0	-	-	Garabato	2.011	-	-
Puntallana	7	6,9	1	4,0	40	10,0	Rosita	3.999	Rosita	40
S. Andrés y Sauces	6	11,2	4	9,7	193	19,9	Garcés	2.846	Tajadre	67
S. C. de La Palma	28	32,6	10	15,4	290	18,8	Fte. Barbuzano	3.519	Hª Las Nieves	171
Tazacorte	4	1,5	4	1,5	83	55,3	Los Palacios	540	Los Guirres	40
Tijarafe	9	13,9	2	6,9	18	2,6	Caboco	4.331	Aguatabar	11
Villa de Mazo	6	1,9	0	-	-	-	Berigoyo	786	-	-
Total o media	158	179,1	70	110,0	1.207	11,0	Pajaritos	4.643	Hª Las Nieves	171



CUADRO Nº 20

## Evolución histórica de las galerías

		A ñ o			
		1952	1962	1967	1972
Total galerías	Número total de galerías	66	95	131	158
	Longitud total perforada, Km.	48,4	84,5	138,1	184,4
	Longitud de ramales, Km.		-	-	14,9
	Longitud media, Km.	0,73	0,89	1,05	1,17
	Longitud máxima, m.	3.051	3.880	3.912	4.643
	Caudal total, Hm <sup>3</sup> /año	8,1	24,6	28,6	37,9
	Caudal medio, l/seg.	3,9	8,2	6,9	7,6
	Productividad del total de las galerías, l/seg/km.	5,3	9,22	6,57	6,53
	Número de diques medidos		-	-	14,47
Galerías significativas	Número de galerías significativas	43	60	96	118
	% respecto al total	65,2	63,2	73,3	74,7
	Longitud galerías significativas, Km.	46,3	80,4	133,1	180,4
	Longitud media galerías significativas, Km.	1,07	1,34	1,39	1,53
Galerías con agua	Número de galerías con agua	21	38	51	74
	Longitud galerías con agua, Km.	26,3	57,7	84,1	123,9
	Caudal total, Hm <sup>3</sup> /año	8,1	24,6	26,8	37,9
	Caudal medio galerías con agua, l/seg.	12,2	20,51	17,8	16,3
	Longitud media galerías con agua, Km.	1,24	1,52	1,65	1,67
	Productividad galerías con agua, l/seg/Km.	9,76	13,5	10,79	9,72
Galerías sin agua	Número total galerías sin agua	45	57	80	84
	Longitud total perforada, Km.	22,1	26,8	54,0	61,5
	Longitud media galerías sin agua, Km.	0,49	0,47	0,67	0,73
	% respecto al total	68,2	60	61	53



CUADRO N° 21

Producción de agua subterránea en Hm<sup>3</sup>/año

Municipio	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Manantiales	Pozos	Galerías	Total	Lámina equivalente (mm)
Barlovento	44,1	0,68	-	7,79	8,47	193
Breña Alta	31,5	-	0,98	2,72	3,70	119
Breña Baja	14,5	-	-	-	-	-
Fuencaliente	55,7	-	0,44	-	0,44	8
Garafía	100,0	-	-	3,21	3,21	31
Los Llanos	36,2	-	7,10	,0,40	7,50	208
El Paso	135,0	9,45	-	4,28	13,73	103
Punta Gorda	31,1	-	-	-	-	-
Punta Llana	34,5	-	1,57	1,26	2,83	82
San Andrés y Sauces	43,4	4,72	-	5,25	9,97	230
Santa Cruz	43,6	0,94	1,60	9,11	11,65	265
Tazacorte	11,6	-	15,23	2,62	17,85	1.540
Tijarafe	54,4	-	0,85	0,58	1,43	27
Villa de Mazo	70,7	-	-	-	-	-
Total o media	706,3	15,79	27,77	37,22	80,78	114



## 6. HIDROQUIMICA

En total se han analizado 136 puntos. La mayoría de las muestras se recogieron durante el inventario de las galerías, estabilizando una porción de las mismas con  $\text{Cl}_2\text{Hg}$  y  $\text{SO}_4\text{H}_2$  y simultáneamente se midieron en el campo la temperatura,  $\text{CO}_2$  libre, pH,  $\text{Cl}^-$  y conductividad eléctrica. (Cuadro núm. 22).

La temperatura del agua subterránea, que varía de  $10^\circ$  a  $30^\circ\text{C}$ , muestra cierta relación con el contenido en  $\text{CO}_2$  libre (Lámina LP-5). En algunas zonas de los Basaltos Modernos se han encontrado valores de  $\text{CO}_2$  de 250 mg/l.

El pH varía de 7 a 8. Sin embargo, al norte de la Caldera se encuentran aguas con pH menor que 7, coincidentes con la zona de bajas temperaturas del agua subterránea. Dentro de la Caldera se encuentran grandes zonas de aguas alcalinas, con  $\text{pH} > 8$ , característico de las aguas que circulan cerca del contacto del Complejo Basal.

Las aguas subterráneas de La Palma, están menos mineralizadas que las de Gran Canaria y otras islas orientales del Archipiélago, debido a una mayor precipitación y quizás también al flujo más rápido y menor tiempo de residencia. (Lámina LP-6).

Como se muestra en la lámina LP-7, la mayoría de las aguas subterráneas de la isla tienen un contenido bajo de  $\text{Cl}^-$ , con la excepción de ciertas zonas costeras, por ejemplo el sur de Tazacorte y Santa Cruz de La Palma.

Probablemente exista una cierta estratificación de  $\text{Cl}^-$ , tal como en Gran Canaria y Tenerife y otras islas menores.

En el norte, el hecho de que aparezca un bajo contenido de  $\text{Cl}^-$  a grandes profundidades puede atribuirse, al igual que en Gran Canaria y Tenerife, a la existencia del rápido flujo descendente a merced de la probable permeabilidad vertical dominante.

En el sur, los fenómenos volcánicos deben intensificar los procesos de mineralización.

Las distribuciones de  $\text{CO}_3\text{H}$  y  $\text{SO}_4^{=}$  son similares, con un mínimo en la parte norte y un máximo en la franja costera entre Tazacorte y Fuencaiente. En el norte, el contenido de  $\text{CO}_3\text{H}$  es generalmente de menos de 50 mg/l y el de los sulfatos de menos de 5 mg/l.

La presencia de valores aislados muy altos de  $\text{NO}_3^-$  están en relación con los cultivos agrícolas y centros de población y se encuentran en la desembocadura del barranco de Las Angustias, en la costa nordeste cerca de San Andrés y alrededor de Santa Cruz de La Palma, con un máximo de 370 mg/l cerca de Tazacorte.



En general dominan los iones bicarbonato y sodio, como sucede en las áreas lluviosas de otras islas, siguiendo en importancia los iones cloruro y magnesio, aunque aparecen ciertas excepciones, como el caso de niveles de aguas colgadas, especialmente en los manantiales más altos que se encuentran en el interior de la Caldera.

El contenido en  $\text{SiO}_2$  varía entre 10 y 50 mg/l y sólo excepcionalmente se encuentran valores mayores. En cuanto al fosfato, rara vez alcanza valores superiores a 2 mg/l. También se observa la existencia esporádica de  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_2^-$ .

La mayoría de los microelementos aparecen en raras ocasiones exceptuando el Zn y Sr; éste último se encuentra en cantidades inferiores a 10 mg/l, de acuerdo con el bajo contenido en Ca. La rara presencia de Zn es indicación de contaminación local por tuberías galvanizadas.

Las aguas son en general bicarbonatadas sódicas, excepto las aguas colgadas, que son bicarbonatadas magnésicas. Sólo en unos pocos puntos a lo largo de la costa se encuentran aguas cloruradas sódicas, en relación algunas de ellas, con un principio de intrusión de agua del mar.

El bajo contenido de  $\text{Cl}^-$  y en otros iones en el centro de la isla y a grandes profundidades, indica una recarga profunda favorecida por fisuras verticales bien desarrolladas.

Desde el punto de vista de la utilización, el agua subterránea de La Palma es excelente, tanto para el riego como para el consumo humano. Sin embargo, a lo largo de la zona costera, cerca de la desembocadura del Barranco de Las Angustias, al sur de Tazacorte, alrededor de Santa Cruz de La Palma, y cerca de San Andrés, se encuentran aguas de calidad inferior. En el primer caso existe el inicio de una intrusión marina y en los restantes, las aguas subterráneas presentan altos contenidos de  $\text{NO}_3$  y K y otros iones como consecuencia de las prácticas de riego.

CUADRO Nº 22

Punto Inventario	Fecha	Temperatura del agua °C	pH de campo	Residuo seco a 110° mg/l	Dureza total $\text{CO}_3\text{Ca}$	Iones en mg/l								
						Ca	Mg	Na	K	$\text{CO}_3$	$\text{HCO}_3$	$\text{SO}_4$	Cl	$\text{NO}_3$
8	28. 8.73		8,0	468	198	34,3	27,4	79,0	12,4	0,0	95,1	112,1	77,3	74,4
9	12. 9.72		8,1	210	76	6,0	14,7	68,0	6,8	0,0	71,3	14,4	10,5	0,0
11	28. 9.72		7,4	972	477	36,0	92,3	190,0	69,2	0,0	945,0	32,1	128,2	0,0
15	7.11.72		7,1	532	228	38,4	32,3	73,0	8,0	0,0	77,2	184,6	45,7	105,4
18	19. 9.72		7,4	636	410	86,2	47,4	59,0	13,1	0,0	261,5	133,3	144,0	13,9
19	29. 8.72		8,0	806	347	66,1	44,3	75,5	12,2	0,0	100,1	175,8	82,5	142,6
24	25. 8.72		8,7	600	181	37,7	21,2	157,0	12,2	35,0	404,1	70,0	52,7	0,0
27	16.11.72		8,1	1.364	529	144,6	40,9	153,0	11,2	0,0	202,1	155,1	377,8	0,0
29	10.12.72		7,8	140	36	10,4	2,4	22,0	6,0	0,0	58,3	10,5	36,3	0,0
34	3.10.72	18,3	8,1	93	38	9,3	3,6	10,0	2,5	11,7	35,6	2,3	10,6	0,0
35	19. 6.72	-	7,8	96	34	4,7	5,3	14,0	5,0	0,0	52,7	5,9	14,0	0,0
43	25. 5.72	16,0	7,6	140	33	2,9	6,2	9,6	2,8	0,0	47,4	3,6	9,9	0,0
58	3. 7.72	-	8,0	220	76	8,1	13,5	22,0	8,2	5,8	118,8	8,2	10,5	0,0
65	26. 6.72	18,5	7,9	183	79	26,4	2,9	42,3	5,5	0,0	156,3	35,2	13,2	0,0
77	2.11.72	16,5	-	68	31	5,6	4,1	10,0	2,4	0,0	41,6	2,0	14,0	0,0
78	4. 7.72	17,5	8,3	200	77	8,1	14,0	44,0	7,2	5,8	172,4	12,1	14,0	0,0
79	25. 9.72	17,2	7,9	146	32	5,4	4,5	15,0	4,5	0,0	59,4	1,3	14,0	0,0
96	13. 9.72	-	-	154	28	5,2	4,4	17,2	5,6	0,0	69,2	3,3	13,2	0,0
103	22. 5.72	-	7,2	150	40	5,6	6,3	16,0	5,0	0,0	74,1	4,1	14,2	0,0
112	6. 8.72	14,0	9,0	1.856	294	2,7	69,9	560,0	33,4	140,2	956,8	409,9	94,9	0,0
124	-	-	-	216	57	7,4	9,4	20,0	2,2	0,0	41,6	2,1	42,2	0,0
129	10. 8.72	16,3	8,0	114	24	5,6	2,4	11,2	3,6	0,0	48,7	2,0	9,9	0,0



## 7. BALANCE HIDRICO

El elemento principal del balance, la precipitación, se conoce con cierta exactitud, especialmente debido a la información disponible a partir de la red recientemente instalada.

En cuanto a la escorrentía, los valores y extrapolaciones se han deducido de los datos últimamente observados. La evapotranspiración real y la condensación de niebla se han estimado apoyándose en la observación de las características morfológicas de las distintas zonas. Para los fines de este estudio, la isla se ha dividido en 19 zonas, (Lámina LP-8), teniendo en cuenta la geología, los tipos de vegetación, la situación geográfica y la altitud.

Las cifras finales del balance para este año medio, figuran en el cuadro núm. 23. Resulta una evapotranspiración de 236 Hm<sup>3</sup> (49 %), una escorrentía de 90 Hm<sup>3</sup> (19 %) y una infiltración de 154 Hm<sup>3</sup> (32 %). Puede obtenerse también alguna idea del balance de agua subterránea utilizando el método Cl<sup>-</sup>. (Cuadro núm. 24). La recarga media para el período 1944-46, según este método es de 145 Hm<sup>3</sup>, sensiblemente igual a la obtenida por el método hidrológico.

La isla de La Palma es la que tiene mayores recursos de agua del Archipiélago Canario. El volumen de extracción actual es inferior a 80 Hm<sup>3</sup>/año, que se concentra en la parte occidental, cerca de Tazacorte (17,8 Hm<sup>3</sup>/año) y El Paso (13,7 Hm<sup>3</sup>/año). En la parte oriental, las mayores producciones están en Santa Cruz de La Palma (11,6 Hm<sup>3</sup>/año), San Andrés y Sauces (10 Hm<sup>3</sup>/año) y Barlovento (8,5 Hm<sup>3</sup>/año).

Las derivaciones de agua en la Caldera de Taburiente son del orden de 350 l/seg. de los que alrededor del 50 % son escorrentía superficial.

En resumen, la producción máxima actual de agua, teniendo en cuenta tanto los recursos superficiales como los de agua subterránea, puede llegar a 88 Hm<sup>3</sup>/año. Las necesidades actuales de agua en el sector agrícola son de 54 Hm<sup>3</sup>/año, en la industria del orden de 6 Hm<sup>3</sup>/año y en usos domésticos del orden de 3 Hm<sup>3</sup>/año, respectivamente. Por lo tanto, las necesidades totales anuales se estiman alrededor de 63 Hm<sup>3</sup>.

Existe pues un superávit de unos 25 Hm<sup>3</sup>/año. Suficiente para cubrir la demanda de agua hasta el año 1980, los detalles pueden verse en el cuadro núm. 25.



CUADRO N° 23

## Balance hídrico por zonas

Descripción de la zona	Símbolo de zona	Superficie Km <sup>2</sup>	Precipitación Hm <sup>3</sup> /año	Escorrentía		Evapotra. ETr Hm <sup>3</sup> /año	Recarga Hm <sup>3</sup>
				Coef.	Hm <sup>3</sup> /año		
Pinos y suelo recubierto de cenizas (sin suelo formado)	P-1	45,1	40	0,07		15	22
Pinos, con incipiente formación de suelo	P-2	25,7	19	0,15	3	7	9
Pinos en zonas rocosas, con algo de Monte Bajo	P-3	27,1	29	0,60	18	6	5
Pinos sin Monte Bajo	P-4	32,7	22	0,13	3	6	13
Pinos con algo de Monte Bajo	P-5	32,6	28	0,30	9	8	11
Pinos con Monte Bajo	P-6	38,1	33	0,23	8	13	12
Monte Bajo con algunos pinos	MB-1	38	33	0,11	4	25	4
Monte Bajo	MB-2	35,5	27	0,21	6	19	2
Monte Bajo con algunos pinos	MB-3	18,5	14	0,21	3	10	1
Zona árida con algunos cultivos de viña	C-1	110	42	0,02	1	24	17
Zona con algunos cultivos de plataneras y cultivos menores	C-3	65,2	25	0,38	10	12	3
Zona con cultivos menores y algo de Monte Bajo	C-4	58,2	42	0,14	6	18	18
Zona con cultivos menores Plataneras y algo de Monte Bajo	C-5	44,7	26	0,15	4	18	4
Zona con cultivos menores	C-6	46	30	0,10	3	19	8
Cumbre árida y alguna vegetación menor aislada	CU-1	7	5	0,20	1	1	3
Cumbre árida y alguna vegetación menor aislada	CU-2	28,5	29	0,20	6	11	12
Plataneras zona de costa	PL-1	15,5	3	0,00	0	3	0
Plataneras	PL-2	16	5	0,00	0	5	0
Zona interior con algunos cultivos y viña	I-1	43,7	28	0,07	2	16	10
<b>Total .....</b>		<b>728,1</b>	<b>480</b>	<b>0,18</b>	<b>90</b>	<b>236</b>	<b>154</b>



CUADRO Nº 24

Zona	Area Km <sup>2</sup>	Precipitación mm. 1944-46	Coeficiente esorrentía	Contenido Cl <sup>-</sup> mg/l	Recarga	
					Hm <sup>3</sup> /año	mm/año
Zona 1 (Area Norte)	364	780	0,20	20	113	312
Zona 2 (Caldera de Taburiente)	61	714	0,45	20	11	193
Zona 3 (Area Sur)	303	613	0,15	50	31	104
Total	728	704	0,20	-	145	200

CUADRO Nº 25

## Disponibilidades y demandas

Municipio	Agua subterránea disponible				Necesidades actuales				Necesidades para 1980		
	Manantial	Pozos	Galerías	Total	Agricult. (2)	Indust.	Pobl. (3)	Total	Agricult. y Indust. (5)	Pobl. (7)	Total
Barlovento	1,0	-	7,8	8,8	3,6	-	0,10	3,7	5	0,16	5,16
Breña Alta	-	0,81	2,7	3,51	2,5	-	0,18	2,68	3,4	0,27	3,67
Breña Baja	-	-	-	-	1,8	-	0,10	1,9	4,0	0,16	4,16
Fuencaliente	-	0,87	-	0,87	0,50	-	0,07	0,57	2,6	0,10	2,7
Garafia	0,4	-	3,2	3,6	0,30	-	0,15	0,45	1,3	0,23	1,53
Los Llanos de Aridane	-	3,88	0,4	4,28	15,2	-	0,44	15,64	19	0,66	19,66
El Paso	9,5	0,15	4,3	13,95	2,5	0,1	0,22	2,82	5,0	0,33	5,33
Puntagorda	-	-	-	-	0,20	-	0,06	0,26	2,0	0,09	2,09
Puntallana	0,3	1,32	1,2	2,82	0,8	-	0,08	0,88	2	0,12	2,12
S. Andrés y Sauces	4,7	-	5,2	9,9	5,8	-	0,25	6,05	5	0,38	5,38
Sta. Cruz de La Palma	1,2	1,32	9,1	11,62	3,3	5,5(4)	0,52	9,32	9(6)	0,80	9,8
Tijarafe	-	2,8	0,57	3,37	1,1	-	0,12	1,22	4,4	0,18	4,58
Tazacorte	-	12,6	2,6	15,2	16,0	-	0,17	16,17	16,5	0,26	16,76
Villa de Mazo	-	-	-	-	0,6	-	0,20	0,8	1,3	0,29	1,59
Total para la isla	17,1	23,75	37,07	77,92	54,2	5,6	2,66	62,48	80,5	4,03	84,53

(1) Obtenido del Inventario 1972 (SGOP)

(2) Obtenido del Cabildo Insular (1969) con aumento del 40 %.

(3) Obtenido del Cabildo Insular (1969) con aumento de población anual del 0,9 % (desde 1900) y aumento en consumo desde 80 a 100 l/hab/día.

(4) Consumo de puerto.

(5) Calculado para proyectos presentes y futuros.

(6) Incluido el consumo de puerto.

(7) Igual que (3) pero un consumo por unidad de 150 l/hab/día en 1980.



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

- El estudio de los recursos hidráulicos de la isla de La Palma se ha llevado a cabo a nivel de reconocimiento detallado, mediante el análisis de la información disponible, termografía infrarroja, cartografía geológica a escala 1:50.000, proceso de los datos hidrológicos existentes, estudio de la red hidrometeorológica y de aforos instalada por el Proyecto, inventario detallado de todas las explotaciones existentes (que comprende 150 manantiales, 158 galerías y 52 pozos), medidas de oscilación y desfase de los niveles freáticos con las mareas, bombeos y recuperaciones en diversos pozos en explotación, ensayos de bombeo, análisis de la evolución histórica de los caudales de las galerías, determinaciones "in situ" de temperatura, pH, CO<sub>2</sub> libre, Cl<sup>-</sup> y conductividad, 136 análisis químicos completos de puntos seleccionados, ensayos físicos de laboratorio, ejecución de algunos sondeos y piezómetros, y encuestas locales.

Aunque el estudio es perfectible, en particular en lo que al balance hidráulico respecta, se ha llegado con él a un adecuado conocimiento de los recursos hidráulicos existentes y al establecimiento de un balance preliminar que conviene acotar con más justeza, sobre todo en las zonas de mayor explotación.

- El núcleo impermeable de la isla está constituido por el Complejo Basal que aflora en el interior de la Caldera de Taburiente y en algunas ventanas erosivas del NE de la isla, llegando hasta la cota 1.600. La velocidad real del agua en este Complejo Basal debe ser del orden de 1 m/año, por lo que puede considerarse como una barrera impermeable que condiciona el flujo del agua subterránea.
- La mitad norte de la isla, que es la más activamente explotada y, por ende, la mejor conocida, está recubierta por los Basaltos Antiguos, en los que cabría distinguir las Series I y II, por la frecuencia de diques y el grado de compactación. La transmisividad media de estos materiales oscila de 5 a 50 m<sup>2</sup>/día; sin embargo, en las zonas costeras y en algunos contactos intraformacionales o con el Complejo Basal, esta transmisividad llega a ser de 250 a 500 m<sup>2</sup>/día y en la desembocadura del Barranco de Las Angustias, se puede llegar a 2.000 m<sup>2</sup>/día. El coeficiente de almacenamiento parece ser del orden del 5 % y las reservas totales pueden estar comprendidas entre 1.500 y 2.000 Hm<sup>3</sup>.

La mitad sur de la isla está recubierta por materiales más modernos, emitidos a lo largo de una línea volcano-tectónica NS que ha originado la actual cordillera dorsal. Son aparentemente mucho más permeables, pero el agua subterránea es muy dura y bicarbonatada, no apta para el regadío, por lo que apenas se explota. Sus reservas se estiman en unos 800 Hm<sup>3</sup>.

- La superficie piezométrica se adapta a la topografía, al menos en la zona norte que es bien conocida. Tiene pendientes del orden del 15 %, culmina por encima de los 1.700 m. y presenta unas líneas de drenaje preferencial que coinciden con los grandes barrancos, en particular los de Las Angustias, del Río, del Agua, La Madera, Briestas y Los Hombres.



Las aguas subterráneas de la zona norte son de excelente calidad y muy poco mineralizadas. Hay menos de 100 mg/l de sales totales en la zona de recarga del NE de la isla, de 100 a 200 mg/l en una amplia banda costera y del orden de 500, incluso 1.000 mg/l, en puntos localizados en torno a Santa Cruz de La Palma y la desembocadura del Barranco de Las Angustias, que son las zonas más activamente explotadas. En la región sur, la mineralización es más elevada por el alto contenido en CO<sub>2</sub> libre y la mayor temperatura.

- Un balance medio anual preliminar, con las reservas propias de la metodología empleada, puede ser el siguiente: pluviometría, 480 Hm<sup>3</sup>; evapotranspiración, 236 Hm<sup>3</sup>; escorrentía, 90 Hm<sup>3</sup>; infiltración, 154 Hm<sup>3</sup>. Esta infiltración puede descender a 35 Hm<sup>3</sup> en años secos, y llegar a superar los 200 Hm<sup>3</sup> en años húmedos, con una frecuencia del 1 %.

La producción máxima actual supera los 80 Hm<sup>3</sup> y procede de manantiales (17 Hm<sup>3</sup>), pozos (29 Hm<sup>3</sup>), galerías (37 Hm<sup>3</sup>) y derivaciones superficiales (5 Hm<sup>3</sup>).

El consumo actual es del orden de 63 Hm<sup>3</sup> y el previsto para 1980 supera ligeramente los 80 Hm<sup>3</sup>, de forma que, a medio plazo, está garantizado el abastecimiento y se puede asegurar que en la época presente se vierte al mar bastante agua de galerías.

## 8.2. Recomendaciones

- Ampliar y mejorar la red hidrológica existente, especialmente la pluviométrica, instalando alguna estación meteorológica completa, y proveyendo los medios para su explotación.
- Aumentar el aprovechamiento de las aguas superficiales mediante la construcción de un embalse, en el Barranco de Las Angustias y el estudio de la viabilidad de otros embalses.
- Investigar la zona norte, que es el mejor acuífero potencial de la isla, mediante la ejecución de galerías que viertan al canal de llenado del embalse de Barlovento; galerías que deben llegar hasta el Complejo Basal y proveerse de cierres adecuados para una utilización racional de los recursos superficiales y subterráneos.
- Controlar las extracciones y la evolución de la calidad del agua en las zonas sobreexplotadas, como son la desembocadura de los barrancos de Las Angustias y Tenisca, y el entorno de Santa Cruz de La Palma, para prevenir los riesgos de la intrusión marina.
- Aumentar la explotación de agua subterránea mediante pozos costeros, en las regiones que la topografía lo permite, como acontece en algunos barrancos del norte de la isla, y estudiar también las posibilidades reales de la zona sur de la isla y las calidades del agua en dicha región.



# GOMERA



## INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	181
1.1. Fisiografía .....	181
1.2. Población .....	181
1.3. Agricultura y distribución de cultivos .....	182
2. GEOLOGIA .....	183
3. HIDROLOGIA .....	185
3.1. Climatología .....	185
3.1.1. Temperaturas .....	185
3.1.2. Evapotranspiración .....	185
3.2. Precipitación .....	186
3.2.1. Planteamiento general .....	186
3.2.2. Estudio pluviométrico .....	186
3.2.3. Red pluviométrica estudiada .....	186
3.2.4. Tratamiento de datos .....	187
3.2.5. Proceso de cálculo .....	187
3.2.6. Leyes de distribución .....	188
3.2.7. Planteamiento de la red pluviométrica .....	189
3.2.8. Trazado de isoyetas .....	189
3.3. Estimación de aportaciones totales .....	189
3.4. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas .....	191
3.5. Regulación .....	192
3.5.1. Planteamiento general .....	192
3.6. Aguas subterráneas .....	192
3.7. Balance hídrico .....	192
3.8. Máximas crecidas .....	194
4. DATOS FISICOS .....	195



5. RECURSOS HIDRAULICOS .....	197
5.1. Producción de aguas subterráneas .....	197
5.2. Extracción de agua y demanda futura .....	197
6. HIDROQUIMICA .....	199
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	203
7.1. Conclusiones .....	203
7.2. Recomendaciones .....	204



## INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro núm. 1 - Estadística de población .....	182
Cuadro núm. 2 - Temperaturas medias mensuales de la isla .....	185
Cuadro núm. 3 - Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales de la isla .....	185
Cuadro núm. 4 - Pluviometría media mensual .....	187
Cuadro núm. 5 - Rectas de regresión y coeficientes de correlación .....	187
Cuadro núm. 6 - Precipitaciones medias en las estaciones definitivas .....	188
Cuadro núm. 7 - Ley de Goodrich y Test de Kolmogoroff .....	188
Cuadro núm. 8 - Aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona I .....	190
Cuadro núm. 9 - Aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona II .....	191
Cuadro núm. 10 - Estimación de aportaciones medias .....	191
Cuadro núm. 11 - Balances hídricos mensuales .....	193
Cuadro núm. 12 - Recarga en las diferentes formaciones geológicas .....	193
Cuadro núm. 13 - Datos físicos de los principales barrancos .....	196
Cuadro núm. 14 - Características de los pozos (P), manantiales (M) y galerías (G) seleccionados .....	198
Cuadro núm. 15 - Características químicas del agua subterránea .....	200



## INDICE DE GRAFICOS Y LAMINAS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
Gráfico GO-1	Composición química del agua subterránea	201
Lámina GO-1	Mapa geográfico general .....	
Lámina GO-2	Cartografía geológica .....	
Lámina GO-3	Pluviometría media anual .....	
Lámina GO-4	Temperatura, conductividad, contenido en Cl <sup>-</sup> y captaciones del agua subterránea ....	



## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. Fisiografía**

La isla de La Gomera, situada unas 22 millas al SW de Tenerife, tiene una superficie de 378 Km<sup>2</sup> y es de forma ovalada, con un eje mayor de 25 Km. en dirección EW, entre la Punta de San Cristóbal y la Punta de La Calera, y un eje menor de 22 Km, en dirección NS, entre la Punta de los Organos y la Punta del Becerro. Culmina a los 1.487 m, en el vértice Garajónáy, pero como los fondos marinos contiguos alcanzan los 4.000 m, su verdadera altura sobre la plataforma submarina es de unos 5.500 m. (Lámina GO-1).

El relieve de la isla colombina, así denominada por la escala que en ella hizo el Almirante rumbo a las Américas, semeja un escudo. La meseta central, situada por encima de la cota 750 m, tiene unos 100 Km<sup>2</sup> y es relativamente llana pero digitada por la erosión remotante de los barrancos. En esta meseta, entre las cotas 800 y 1.000 m, existen unas 4.000 Has. de bosque, (210 Has. de Laurisilva y 3.700 de Fayal-Brezal), y recientemente se ha procedido a la reforestación de otras 3.500 Has, fundamentalmente a base de Pinus Insignis y Pinus Canariensis.

Las costas son muy escarpadas, constituyendo un acantilado casi continuo de 87 Km. de perímetro en el que sobresalen por su espectacularidad los riscos de la América al W y las columnatas traquifonolíticas de Los Organos al N.

La red hidrográfica está bien desarrollada, destacando por la importancia de su cuenca afluyente los barrancos del Valle (35 Km<sup>2</sup>), de La Villa (30 Km<sup>2</sup>), Hermigua o Monteforte (30 Km<sup>2</sup>), Valle Gran Rey (25 Km<sup>2</sup>), Santiago (23 Km<sup>2</sup>), Sobre Agulo (13 Km<sup>2</sup>) y de La Rajita (12 Km<sup>2</sup>).

### **1.2. Población**

La población de la isla, según el censo de 1970, era de 19.339 habitantes, de los que 5.321 vivían en la capital, San Sebastián de la Gomera.

Administrativamente, la isla se divide en 6 términos municipales, cuyas características se recogen en el cuadro núm. 1.

La Gomera es la única isla del Archipiélago que carece de aeropuerto, de forma que todo el tráfico de pasajeros y mercancías se efectúa a través del puerto de San Sebastián, actualmente enlazado también con rápidos ferryes a la vecina isla de Tenerife. La comunicación interior se realiza por la red estatal de carreteras (60 Km) y algunos caminos vecinales y pistas forestales (126 Km).



CUADRO Nº 1

Término municipal	Extensión en Km <sup>2</sup>	Altitud en m.	Población en 1968
Agulo	27	250	1.904
Alajeró	51	810	1.935
Hermigua	41	170	4.334
San Sebastián	107	6	6.455
Valle Gran Rey	34	100	2.977
Vallehermoso	113	230	7.407

Fuente: Reseña estadística provincial. 1971.

La población se encuentra en franca regresión, como se aprecia en el cuadro adjunto.

Años .....	1900	1920	1940	1960	1970
Evolución de la población total	100	133	186	180	173

La población activa se divide por sectores de la siguiente forma:

Agricultura y pesca	79 %
Industria	6 %
Servicios	15 %

### 1.3. Agricultura y distribución de cultivos

Según datos facilitados por el Servicio de Extensión Agraria y las Comunidades de Regantes, existen en la isla 3.149 Has. dedicadas al cultivo: 590 Has. son de regadío permanente (plataneras) y 781 de riego estacional.

La distribución por cultivos es la siguiente:

Cereales	387 Has.
Leguminosas, forrajeras, etc.	760 Has.
Patatas	555 Has.
Tomateras	221 Has.
Viñas	488 Has.
Frutales	148 Has.
Plataneras	590 Has.
<b>Total .....</b>	<b>3.149 Has.</b>



## 2. GEOLOGIA

La isla de La Gomera carece de una cartografía geológica oficial. Existen, fundamentalmente, dos estudios geológicos sobre la isla: el "Estudio geológico y petrográfico de la isla de La Gomera", de T. Bravo (1964), que incluye un plano litológico, escala 1:50.000, y el "Estudio geológico y petrológico del complejo basal de la isla de La Gomera" de A. Cendrero, (1970), que incluye un mapa geológico 1:50.000 de la mitad N de la isla.

A partir de ambos estudios y de las observaciones de campo realizadas, se puede elaborar la siguiente síntesis sobre la geología de La Gomera.

El sustrato de la isla está constituido por el llamado Complejo Basal, compuesto de rocas plutónicas, básicas y ultrabásicas, recubiertas por rocas volcánicas y sedimentos asociados, inyectado por millares de diques basálticos, fonolíticos, traquíticos y sieníticos, que constituyen más del 50% de la roca de caja.

Parte del Complejo Basal está recubierto por un aglomerado explosivo, poligénico y heterométrico, cortado por una malla de diques predominantemente basálticos. Debe pertenecer también al basamento insular.

Como restos de un estrato-volcán que debió recubrir el Complejo Basal gomero tras un largo período erosivo, queda hoy una secuencia de basaltos inferiores, aglomerados y basaltos superiores, que se denomina Basaltos Antiguos.

Posteriormente a estas erupciones volcánicas, tuvieron lugar una serie de episodios de carácter traquítico y fonolítico que dieron origen a los numerosos pitones y materiales ignimbólicos existentes. (Serie Traqui-Fonolítica).

El siguiente ciclo volcánico está constituido por una serie basáltica que ocupa toda la altiplanicie central gomera. Son los denominados Basaltos Horizontales, que debido a su gran fluidez debieron rellenar una depresión calderiforme y presentan escaso o nulo buzamiento.

La formación más moderna es también basáltica y ocupa las laderas meridionales y orientales de la isla (Basaltos Subrecientes).

Desde el punto de vista hidrológico parece obvio que la discordancia erosiva entre el Complejo Basal o los Basaltos Antiguos y las restantes formaciones condiciona el flujo del agua subterránea, dado que aquellos dos son impermeables respecto a los productos volcánicos más modernos.



La superficie visible estimada de cada una de estas unidades litológicas es la siguiente:

Complejo Basal	50 Km <sup>2</sup>
Aglomerados Volcánicos	20 Km <sup>2</sup>
Basaltos Antiguos	110 Km <sup>2</sup>
Basaltos Horizontales	90 Km <sup>2</sup>
Basaltos Sub-Recientes	110 Km <sup>2</sup>

En la lámina GO-2 se reproduce la cartografía geológica y un corte geológico esquemático.



### 3. HIDROLOGIA

#### 3.1. Climatología

##### 3.1.1. Temperaturas

No existen más datos disponibles que los de temperatura en la estación de Vallehermoso, donde la media anual es de 19,6°C, el mes más frío es Enero, con 16,9°C y el más caluroso Agosto, con 22,8°C de media.

Utilizando la relación, establecida para otras islas del Archipiélago. altitud versus temperatura media, se deduce que las medianías tendrán una temperatura media del orden de los 14°C y por encima de 1.250 m. la temperatura variará de 11,5°C a 12,5°C.

Estas zonas más altas se encuentran en el nivel de formación de nubes, por lo que las humedades relativas son elevadas, produciéndose condensaciones de niebla que explica la frondosidad de los bosques gomeros.

Los valores medios de las temperaturas son los siguientes:

CUADRO Nº 2

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Media
15,0	12,0	14,0	16,0	18,0	19,0	24,0	24,0	21,0	20,0	15,0	13,0	17,5

##### 3.1.2. Evapotranspiración

Por correlación con la isla de Tenerife y por el método de Thornthwaite se ha calculado la evapotranspiración potencial, cuyos valores son los siguientes en mm:

CUADRO Nº 3

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
39,5	39,5	52,5	60,0	75,0	95,5	120,0	120,5	100,5	81,0	58,0	84,5	886,5



## 3.2. Precipitación

### 3.2.1. Planteamiento general

Se ha realizado un estudio completo de precipitaciones en toda la isla, en la que no se cuenta con una red pluviométrica suficientemente densa y cuya distribución no es homogénea.

Debido a esta característica, el estudio de precipitaciones ha necesitado un tratamiento estadístico muy completo, que ha tenido los siguientes objetivos:

- a) Ajustar series pluviométricas suficientemente extensas, homogéneas y de garantía, en el mayor número de estaciones.
- b) Estudiar la distribución anual y mensual de las precipitaciones.
- c) Establecer en una primera aproximación la red pluviométrica conveniente.

### 3.2.2. Estudio pluviométrico

El estudio pluviométrico se ha realizado en cuatro fases:

- a) Recopilación completa de todos los datos utilizables.
- b) Análisis y contraste de estos datos.
- c) Corrección, interpolación y ajuste definitivo de series básicas.
- d) Trazado de isoyetas anuales, medias mensuales y media del período.

### 3.2.3. Red pluviométrica estudiada

Se ha considerado un total de 12 estaciones utilizables, en función de los siguientes criterios:

- Extensión de la serie utilizable en cada estación.
- Situación geográfica y necesidades de utilización de cada estación.
- Bondad de los datos disponibles.

Para el cálculo de la precipitación se han utilizado los datos de los ocho pluviómetros disponibles, lámina GO-3, en, Alojera, Chipude, Hermigua-Valle Alto, Playa Santiago, La Rajita, San Cristóbal - Faro, Vallehermoso y Valle Gran Rey. Es de advertir que sus registros son muy desiguales en extensión, continuidad y fiabilidad.

En el Estudio Hidrológico de Base, donde se recogen los datos originales de todas las estaciones, se dedujo una pluviometría media de 490 mm, equivalentes a 185 Hm<sup>3</sup>/año, cuya distribución media mensual era la siguiente (1949-1964):

CUADRO N° 4

OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.
56,5	143,7	57,6	94,5	58,5	39,4	15,8	11,2	1,0	0,0	0,6	10,2

En la lámina GO-3 se dibuja la isoyeta media anual y la distribución típica porcentual de la precipitación anual, en la que se aprecian dos máximos, en Noviembre y Enero, meses en los que cae del orden del 50 % del total.

La precipitación anual varía de 100-200 mm. en la costa a más de 800 mm. en la meseta central.

### 3.2.4. Tratamiento de datos

Para el análisis, contraste, corrección e interpolación de datos pluviométricos se ha utilizado el método de dobles acumulaciones a escala anual y el método de correlación ortogonal a escala mensual.

### 3.2.5. Proceso de cálculo

Se ha realizado el siguiente proceso:

1. Se asignó un número a cada estación por orden alfabético y unas coordenadas convencionales.
2. Se estudiaron las correlaciones mensuales en todas las estaciones.
3. A la vista de dichas correlaciones, se dibujaron las nubes de puntos de todas aquellas cuyo coeficiente de correlación era superior a 0,80 y se eliminaron todos aquellos puntos que presentaban una dispersión muy acusada.
4. Se volvieron a estudiar dichas correlaciones sin esos puntos y así se obtuvieron las ecuaciones definitivas, cuyos coeficientes de correlación y rectas de regresión se dan en el siguiente cuadro:

$r$  = coeficiente de correlación

$$y = AP_0 x + AP_1$$

CUADRO N° 5

y	x	r	AP <sub>0</sub>	AP <sub>1</sub>
2	12	0,92	0,83	0,38
4	5	0,95	1,33	5,95
5	11	0,96	0,94	-0,52
7	8	0,93	1,23	-1,99
8	12	0,91	1,00	-2,33
9	11	0,85	0,38	-1,49
11	9	0,85	2,63	3,92
12	4	0,90	0,33	-2,01



Finalmente, y en función de los criterios y métodos ya mencionados anteriormente, se definieron un total de ocho estaciones, que son las siguientes:

2. Alojera
4. Chipude
5. Hermigua-Valle Alto
7. Playa Santiago
8. Rajita
9. San Cristóbal
11. Vallehermoso
12. Valle Gran Rey

Los datos definitivos de los valores medios mensuales de estas estaciones pueden verse en el cuadro núm. 6.

CUADRO Nº 6

Nº - Nombre estación	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
2. Alojera	25,2	56,2	29,2	36,7	21,9	14,1	6,0	5,7	1,3	0,0	0,5	5,4	202,2
4. Chipude	85,6	241,2	97,7	162,4	106,2	84,2	36,9	24,6	4,1	0,2	1,1	19,7	803,9
5. Hermigua (V. alto)	68,5	178,7	59,0	117,6	72,6	56,6	22,1	16,6	2,4	0,1	0,2	16,0	610,4
7. Playa Santiago	27,4	51,1	32,1	39,3	21,0	15,6	5,5	4,5	0,3	0,0	0,5	4,9	202,2
8. Rajita	24,6	53,9	30,0	34,2	19,2	17,7	5,3	4,2	0,5	0,0	0,0	6,2	195,8
9. San Cristobal (Faro)	31,4	67,2	24,6	50,1	29,9	23,1	9,8	5,8	1,1	0,0	0,5	3,9	247,4
11. Vallehermoso	80,6	189,4	66,4	131,9	80,8	61,9	24,7	16,8	3,7	0,4	0,4	15,3	672,3
12. Valle Gran Rey	29,3	64,4	33,2	38,3	27,7	16,8	8,3	6,2	1,2	0,0	0,6	6,1	232,1

### 3.2.6. Leyes de distribución

Para el estudio de las leyes de distribución a escala anual y mensual se intentaron diversas leyes, llegándose finalmente a que el mejor ajuste se obtenía por la ley de distribución de Goodrich. Se ha aplicado esta ley de distribución a escala anual a las 8 estaciones definitivas y se ha contrastado la bondad del ajuste por el test de Kolmogoroff.

Los cálculos y resultados pueden verse en el cuadro núm. 7.

CUADRO Nº 7

Nº - Nombre estación	$a^n$	$x_1$	$n$	Test de $\chi^2$
2. Alojera	0,0057507	42,551	0,7865138	0,80
4. Chipude	0,0011194	59,544	0,6862856	0,40
5. Hermigua (V. Alto)	0,0014517	- 9,661	0,6805436	0,50
7. Playa Santiago	0,0033239	- 67,980	0,6039636	0,90
8. Rajita	0,0048083	5,077	0,7016979	0,90
9. San Cristobal (Faro)	0,0028021	- 69,584	0,5612735	0,90
11. Vallehermoso	0,0013121	- 13,687	0,6597633	0,40
12. Valle Gran Rey	0,0049460	41,315	0,8291367	0,80



### 3.2.7. Planteamiento de la red pluviométrica

Debido a la variedad climatológica de la isla, con cuencas muy reducidas sometidas a diferentes regímenes climatológicos, consideramos absolutamente necesario que exista una red básica, que definiremos en una primera aproximación en función de los siguientes criterios:

- Factores meteorológicos
- Factores topográficos
- Factores económicos

Una vez definida esta red básica, y en regiones de especial interés o particularmente representativas, se establecerá una red secundaria cuyos criterios dependerán, principalmente, de las necesidades de todo tipo: hidráulicas, agrícolas, urbanas, etc.

En función de la información obtenida en el Estudio Hidrológico de Base y condicionando la red pluviométrica óptima a la existente actualmente, se llega a una red básica compuesta por 7 pluviógrafos, 18 pluviómetros y un totalizador. Esta red, establecida, como ya hemos dicho, en base a la actual, se ha fijado con criterios de utilización del máximo número de estaciones de garantía actualmente en explotación y tratando de que el coste sea el mínimo posible. No obstante, convendría estudiar posteriormente la posibilidad de establecimiento de redes más densas en zonas que actualmente no tienen datos y también estudiar el equipo óptimo en función de la topografía y posibilidades de explotación, principalmente, de todas las zonas montañosas.

### 3.2.8. Trazado de isoyetas

Una vez definidos los datos de base en todas las estaciones definitivas y considerando además todos los datos originales de aquellas estaciones en las que no ha sido posible completar, o en su caso, corregir sus datos, debido a que las posibles comparaciones de estas estaciones con otras afines no han resultado suficientemente aceptables con los criterios estadísticos utilizados, y teniendo en cuenta la topografía y las diversas influencias climáticas, se han dibujado las isoyetas anuales y media anual del período, así como las isoyetas medias mensuales, que se recogen en el Estudio Hidrológico de Base y en la lámina GO-3. Estas isoyetas deben considerarse en función de la escala utilizada, siendo, por tanto, suficientemente representativas salvo en cuencas muy pequeñas.

## 3.3. Estimación de aportaciones totales

Prácticamente son inexistentes los datos sobre aforos en toda la isla; de la bibliografía consultada sólo se han encontrado estimaciones en zonas muy concretas y sólo para valores medios.

A la vista de esta carencia de datos, se ha optado por estimar las aportaciones en función de la pluviometría y de las características geológicas e hidrogeológicas generales: geomorfología y datos físicos de las cuencas consideradas.

A la estimación del dato mensual, se ha llegado por el siguiente proceso:



- a) Se ha dividido la isla en dos zonas, que pueden verse en la lámina GO-3, atendiendo a sus características climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas, y a los resultados del estudio pluviométrico realizado.
- b) Se ha estimado, en función de dichas características, un coeficiente de escorrentía medio para cada zona.
- c) A partir de la isoyeta media del período estudiado en el estudio pluviométrico, se ha obtenido la precipitación media de cada zona.
- d) Dentro de cada zona se ha escogido una serie de estaciones cuya media fuera sensiblemente igual a la precipitación media obtenida de la isoyeta media; la media de estas estaciones se ha considerado como estación base.
- e) En función de los datos de evapotranspiración obtenidos por diferentes métodos empíricos y de la escorrentía media estimada, se ha ajustado gráficamente una curva para cada zona, que relaciona la precipitación mensual con la aportación específica.
- f) Con los datos mensuales de precipitación de las estaciones base y utilizando las curvas respectivas obtenidas en el apartado anterior, se ha obtenido la serie de aportaciones específicas correspondientes al período de lluvias estudiado.
- g) A partir de las series de aportaciones específicas de cada zona, se han obtenido las aportaciones mensuales y anuales, que pueden verse en los cuadros núms. 8 y 9.

**CUADRO Nº 8**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona I**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1945 - 1946	0.1	2.7	0.0	0.9	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
1946 - 1947	0.0	0.0	0.0	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
1947 - 1948	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1948 - 1949	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1949 - 1950	0.0	2.4	2.5	0.8	0.1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
1950 - 1951	0.2	13.9	0.0	0.5	0.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	16.6
1951 - 1952	0.0	0.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5
1952 - 1953	0.0	1.9	0.0	6.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
1953 - 1954	4.0	1.7	4.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
1954 - 1955	0.0	4.3	0.2	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
1955 - 1956	16.0	4.1	0.0	8.9	23.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.6
1956 - 1957	0.0	8.7	0.0	1.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2
1957 - 1958	7.1	34.1	3.5	0.7	3.7	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	49.4
1958 - 1959	1.0	12.3	2.8	7.7	3.1	6.6	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0
1959 - 1960	0.7	2.6	0.0	27.1	2.7	18.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.3
1960 - 1961	0.6	42.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	45.1
1961 - 1962	0.7	0.0	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1962 - 1963	0.4	0.1	1.3	3.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
1963 - 1964	0.0	0.0	0.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1964 - 1965	0.0	0.0	0.4	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1965 - 1966	3.6	0.9	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
1966 - 1967	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1
Aportación media	1.5	6.0	0.8	3.0	1.7	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	14.6



**CUADRO N° 9**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona II**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1945 - 1946	0.0	1.7	0.0	2.8	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
1946 - 1947	0.0	1.4	0.6	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
1947 - 1948	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1948 - 1949	0.0	0.0	1.6	0.2	0.1	3.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
1949 - 1950	0.0	1.6	1.6	1.9	0.2	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5
1950 - 1951	0.1	16.5	0.0	0.0	0.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	18.1
1951 - 1952	0.0	0.5	1.1	1.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
1952 - 1953	0.0	3.3	0.0	5.3	0.4	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
1953 - 1954	2.1	0.4	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1
1954 - 1955	0.0	6.7	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
1955 - 1956	19.2	4.3	0.0	10.0	28.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.2
1956 - 1957	0.0	9.8	0.0	1.6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1
1957 - 1958	7.8	44.5	3.6	0.5	3.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	59.8
1958 - 1959	0.9	14.3	3.1	7.5	1.3	6.3	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	35.9
1959 - 1960	0.2	1.5	0.0	18.0	1.1	12.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
1960 - 1961	0.5	33.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	37.1
1961 - 1962	0.6	0.0	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
1962 - 1963	0.4	0.1	1.2	3.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5
1963 - 1964	0.0	0.0	0.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1964 - 1965	0.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1965 - 1966	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
1966 - 1967	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0
Aportación media	1.6	6.4	1.2	2.7	1.7	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	15.0

A continuación se dan los valores medios obtenidos.

**CUADRO N° 10**

Zona	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Aportación (Hm <sup>3</sup> )	Escorrentía Total
I	123	641	14,6	0,19
II	255	417	15,0	0,14
Total	378	490	29,6	0,16

### 3.4. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas

En función del estudio completo de precipitaciones, de los cálculos de evapotranspiración, de las condiciones geológicas e hidrogeológicas, de las características físicas y de los escasos datos directos de escorrentía superficial, se han estimado los siguientes valores medios, que deben tomarse con las reservas propias de la metodología empleada.

Aportación superficial . . . . . 26 Hm<sup>3</sup>  
Aportación subterránea . . . . . 4 Hm<sup>3</sup>



### 3.5. Regulación

#### 3.5.1. Planteamiento general

Se han calculado las curvas de regulación a caudal fijo para cada zona. Las curvas de regulación con demanda variable no se han considerado necesarias ya que la distribución de los consumos mensuales es sensiblemente constante a lo largo del año, estas curvas de regulación deben considerarse únicamente como valores indicativos de comparación de las distintas zonas. Las leyes de distribución y las curvas de regulación se han calculado con la misma metodología que se cita en la isla de Tenerife y todos los cálculos y resultados pueden verse en el Estudio Hidrológico de Base.

Actualmente existen 14 presas con una capacidad de embalse de  $3,3 \text{ Hm}^3$ .

### 3.6. Aguas subterráneas

No se ha efectuado ningún estudio específico, por lo que sólo pueden enunciarse algunas generalidades.

Los acuíferos explotables son los Basaltos Horizontales y Sub-Recientes y, en menor grado, los Basaltos Antiguos.

El Complejo Basal es, indudablemente, el sustrato impermeable de la isla. Como aflora casi en la cumbre, se puede esperar un espesor máximo de rocas saturadas del orden de 200 m. en el centro de la isla, 500 m. a altitudes medias y de 100 a 200 m. en zonas periféricas.

Los manantiales afloran entre las cotas 800 y 1.200 m, a unos 5-7 Km. de la costa, lo que supone unos gradientes del orden del 7% para la superficie piezométrica, algo menores que en Gran Canaria y Tenerife. La zona de influencia de los manantiales es de unos  $80 \text{ Km}^2$ ; como su producción anual es de  $7,6 \text{ Hm}^3$ , ésta equivale a una lámina de 95 mm, cifra muy inferior a la infiltración previsible en esa zona.

Por último, en las regiones sur y oriental, la recarga debe concentrarse a lo largo de los barrancos.

### 3.7. Balance hídrico

Se ha hecho un balance hídrico para toda la isla, utilizando las cifras ya indicadas por Heras et al. (1971) para precipitación, escorrentía y evapotranspiración potencial. La infiltración se ha deducido mediante balances mensuales, utilizando una capacidad de campo de 120 mm, como puede verse en el cuadro núm. 11.

Se ha calculado así una infiltración anual de 96 mm. ( $36 \text{ Hm}^3$ ), que representa el 20 % de la pluviometría. La escorrentía superficial y la evapotranspiración real suponen, respectivamente, el 15 % y el 65 % de la precipitación total.

En el cuadro núm.12 se ha intentado acotar la recarga en las diferentes formaciones geológicas, utilizando coeficientes de infiltración hipotéticos de 0,20 y 0,40.

Se ha hecho también una comprobación de las cifras así obtenidas, mediante el balance de  $\text{Cl}^-$ , admitiendo que el agua de lluvia tiene 15 mg/l de ión cloruro.



La recarga total anual, calculada por dos métodos, es del orden de 36 Hm<sup>3</sup>, ligeramente inferior a 100 mm/año. La máxima recarga tiene lugar en los Basaltos Horizontales y en los Basaltos Antiguos, lo que confirma las futuras perspectivas de estas dos unidades para explotación de agua subterránea, a pesar de lo esquemático del balance.

CUADRO Nº 11

	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total mm. (Hm <sup>3</sup> )
P	54	138	55	93	58	45	18	13	2	-	-	12	488
Q	8	33	5	15	9	6	-	-	-	-	-	-	76 (29)
ETp	81	58	84	39	39	52	60	75	96	120	120	100	924
ETr	46	58	50	39	39	39	18	13	2	-	-	12	316
(P-ETr-Q)	0	47	0	39	10	0	0	0	0	0	0	0	
Humedad del suelo 120 mm.	120	167	120	159	130	120	102	89	87	87	87	75	
In	0	47	0	39	10	0	0	0	0	0	0	0	96 (36)

P = Precipitación. Q = Escorrentía. ETp = Evapotranspiración potencial. ETr = Evapotranspiración real.  
In = Infiltración. (No se ha tenido en cuenta la condensación de la niebla).

CUADRO Nº 12

	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Infiltración mm. (Hm <sup>3</sup> )		Contenido de Cl <sup>-</sup> mg/l.		Infiltración por el método Cl <sup>-</sup>			
			20 % Precipitación	40 % Precipitación	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Media para la zona (Hm <sup>3</sup> )	
<b>Zona superior (&gt; 1.000 m)</b>										
Basaltos Horizontales	40	750	150 (6)	300 (12)	35	50	180	255	9	
<b>Zona inferior (&lt; 1.000 m)</b>										
Basaltos Horizontales	50	650	130 (6,5)	260 (13)	50	100	78	156	6	
Basaltos Antiguos	90	550	110 (10)	220 (20)	35	100	66	190	12	
Basaltos Sub-Recientes	128	350	70 (9)	140 (18)	70	300	16	66	5	
Complejo Basal	70	500	50 (3,5)	100 (7)	70	150	40	84	4	
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>488</b>	<b>35</b>	<b>70</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	

— Para el balance por el método del Cl<sup>-</sup>, se suponen los siguientes coeficientes de escorrentía:  
Basaltos Horizontales y Basaltos Antiguos, 20 %; Basaltos Sub-Recientes, 10 %; Complejo Basal, 40 %.



### 3.8. Máximas crecidas

En la isla de Gomera no existen series de datos utilizables de valores máximos ni de caudales instantáneos, ni valores de máxima precipitación en 24 horas.

Con objeto de completar el estudio hidrológico y tener, al menos en una primera estimación, los valores de máxima crecida, se ha realizado un estudio considerando como factores condicionantes, además de las características geomorfológicas de las zonas seleccionadas, su vegetación y valor de precipitación. Se ha ajustado una fórmula empírica, función del índice de pendiente, de la superficie de cuenca y de la longitud máxima de la red de drenaje, habiéndose obtenido los coeficientes de la misma por comparación de los distintos factores que intervienen en la máxima crecida con la isla de Tenerife.

La fórmula considerada ha sido la siguiente:

$$Q = 10 \cdot S \left( \frac{L}{4 \cdot I_p} \right) - \frac{2}{3} \cdot K$$

Siendo:

Q = Caudal de máxima crecida para un tiempo de recurrencia de 100 años y un intervalo de variación de  $\pm 20\%$ .

S = Superficie de cuenca, en  $\text{km}^2$ .

L = Longitud del cauce mayor, en km.

$I_p$  = Índice de pendiente.

K = Valor característico de la cuenca, en función de su geología, vegetación y precipitación máxima.

Se han estimado para K valores de 0.8 y 0.6 para las zonas I y II.



#### 4. DATOS FISICOS

Con el fin de utilizarlos para futuros estudios de afinidad hidrológica en los distintos barrancos estudiados, se han calculado en cada uno de los principales una serie de características que enumeramos a continuación:

- Superficie
- Perímetro
- Rectángulo equivalente
- Curva hipsométrica
- Índice de compacidad
- Índice de pendiente

El rectángulo equivalente es un rectángulo que tiene la misma superficie de cuenca, el mismo coeficiente de Gravelius e idéntica repartición hipsométrica; se trata de una transformación puramente geométrica de la cuenca, en un rectángulo del mismo perímetro, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas al lado menor.

La curva hipsométrica nos da las superficies dominadas por cada cota.

El índice de compacidad es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo de la misma superficie.

El índice de pendiente, que se deduce del rectángulo equivalente, tiene un valor dado por la fórmula:

$$I_p = \frac{\sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})}}{\sqrt{L}}$$

siendo:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| $I_p$                  | índice de pendiente  |
| $n$                    | número de curvas de nivel existentes en el rectángulo, incluidos los extremos        |
| $a_1, a_2, \dots, a_n$ | cotas de las $n$ curvas de nivel consideradas  |
| $\beta_i$              | fracción de superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas $a_i, a_{i-1}$ |
| $L$                    | longitud del lado mayor del rectángulo   |

Los barrancos estudiados son los siguientes:



Bco. de Agulo  
 Bco. de Argalan  
 Bco. de Cabrito  
 Bco. de Chinguarime  
 Bco. de Hermigua  
 Bco. de Iguela  
 Bco. de La Negra  
 Bco. de Rajita  
 Bco. de Las Rosas  
 Bco. de S. Sebastián  
 Bco. de Santiago  
 Bco. de Valle Gran Rey  
 Bco. de Vallehermoso

Las demás características pueden verse en el cuadro núm. 13.

**CUADRO Nº 13**

Barranco	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Índice de compacidad	Rectángulo equivalente		Índice de pendiente
				L	I	
Agulo	13,30	24,50	1,893	11,05	1,20	0,3133
Argalan	8,75	19,20	1,829	8,58	1,02	0,3861
Cabrito	7,10	15,30	1,622	6,57	1,08	0,3984
Chinguarime	9,50	17,50	1,597	7,48	1,27	0,3913
Hermigua	29,90	25,00	1,289	9,28	3,22	0,3812
Iguela	9,70	17,00	1,539	7,14	1,36	0,4100
Negra	8,00	16,40	1,634	7,07	1,13	0,4338
Rajita	12,00	19,50	1,587	8,30	1,45	0,4124
Rosas	7,50	15,20	1,564	6,44	1,17	0,3820
San Sebastián	30,00	27,50	1,415	11,03	2,73	0,3213
Santiago	22,80	25,50	1,504	10,60	2,15	0,3673
Valle Gran Rey	25,20	27,80	1,561	11,75	2,15	0,3326
Vallehermoso	34,60	26,50	1,289	9,67	3,58	0,3495



## **5. RECURSOS HIDRAULICOS**

Se ha efectuado un muestreo estadístico de las captaciones existentes, que ha servido para realizar análisis in situ y tomar muestras para su análisis completo.

Los puntos visitados se relacionan en el cuadro núm.14 y comprenden un total de 22 pozos (1,78 Hm<sup>3</sup>), 4 galerías (0,78 Hm<sup>3</sup>) y 23 manantiales (3,11 Hm<sup>3</sup>), que producen un total de 5,67 Hm<sup>3</sup> y de los que se han recogido 49 muestras. Estos puntos se representan en la lámina GO-4.

### **5.1. Producción de agua subterránea**

Según un inventario anterior, la producción era de 6,2 Hm<sup>3</sup>/año procedente de nacientes y 3,1 Hm<sup>3</sup>/año de pozos y galerías. Las estimaciones del Proyecto elevan estas cifras a 7,6 Hm<sup>3</sup>/año de los nacientes, 1,3 Hm<sup>3</sup>/año de galerías y 1,8 Hm<sup>3</sup>/año de pozos. El total resultante es inferior al 7% de la pluviometría, valor muy bajo para las islas Canarias.

Los manantiales se localizan en general en el contacto de los Basaltos Horizontales con los Basaltos Antiguos o el Complejo Basal, como puede apreciarse en la lámina GO-4.

Los pozos suelen estar en los barrancos, a altitudes medias y bajas, en las zonas costeras oriental y meridional. La extracción la realizan de depósitos aluviales, Basaltos Sub-Recientes y Basaltos Antiguos, según las zonas. Suelen tener profundidades de 70 a 160 m. y, a cotas bajas, son moderadamente salinos.

Sólo hay 4 galerías que producen 1,3 Hm<sup>3</sup>/año, hecho que quizá se deba a la abundancia de fuentes en la isla.

### **5.2. Extracción de agua y demanda futura**

La utilización anual de agua es actualmente de 13,2 Hm<sup>3</sup>, procedentes de manantiales (7,6 Hm<sup>3</sup>), pozos (1,8Hm<sup>3</sup>), galerías (1,3 Hm<sup>3</sup>) y embalses (2,5 Hm<sup>3</sup>).

Según estimaciones realizadas, la demanda futura será del orden de 37 Hm<sup>3</sup>, por lo que debe preverse un incremento de 24 Hm<sup>3</sup>/año que, en gran parte, habrán de proceder de recursos subterráneos.



Como la mayor infiltración se produce en los Basaltos Horizontales y en los Basaltos Antiguos, estas dos unidades son las que habrán de estudiarse en el futuro.

CUADRO N° 14

Nº de referencia en mapa	Tipo	Nombre	Producción 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año	Temperatura en °C	Cl <sup>-</sup> en mg/l	Conductividad en micromhos/cm.
G1	M	<b>Agulo</b> La Verdura	100,0	19,6	126	850
G2	M	Los Ñames	60,0	17,3	69	220
G3	M	Volteados	-	14,9	49	255
G4	G	Lepe	155,2	-	69	245
J1	P	<b>Alajero</b> Don Alvaro 2	0	22,2	42	275
J2	P	La Junta	0	-	224	1.100
H1	P	<b>Hermigua</b> Sindicato-1	9,7	19,5	112	1.000
H2	P	Vda. de Mendoza	27,0	21,5	126	1.000
H3	P	La Bodega	30,0	-	119	1.050
H4	M	El Cedro	500,0	11,2	35	180
H5	M	Liria	-	16,3	42	270
H6	M	Los Tilos	-	16,5	38	140
H7	M	Taguluche del N.	315,0	20,0	131	450
S1	P	<b>San Sebastián</b> Alvaro González	49,9	-	168	790
S2	P	Avalo	0	21,5	399	1.500
S3	P	Llanuario Moreno	39,4	21,1	112	660
S4	P	Vda. de Darias	315,4	19,7	77	420
S5	P	Rivera Bajo	77,8	22,5	52	240
S6	P	La Alianza	30,0	20,5	70	570
S7	P	La Pila	9,9	-	65	340
S8	P	El Cabrito	100,0	-	266	950
S9	P	Chinguarime	-	23,2	308	1.150
S10	G	Benchijigua	-	23,2	27	170
S11	M	La Laja	250,0	21,7	41	175
S12	M	Izcagúe	-	25,2	45	190
S13	M	Los Castaños	-	12,7	28	130
S14	G	Gigantón	626,2	-	46	-
R1	P	<b>Valle Gran Rey</b> Hermanos Trujillo	230,0	21,9	399	1.700
R2	P	La Puntilla	218,2	-	497	2.000
R3	P	Casanova	121,5	20,5	231	1.200
R4	P	La Calera	333,5	21,3	140	875
R5	M	Risco de Guadá	1.892,2	-	35	175
R6	M	Jorge	-	-	45	100
R7	M	La Haya	-	-	49	180
V1	P	<b>Valle Hermoso</b> La Rajita	-	-	-	-
V2	P	La Dama	188,9	-	-	-
V3	P	Argagá	-	21,0	56	390
V4	P	Iguará	-	-	644	2.000
V5	M	Ancón-Eslayón	-	-	62	140
V6	M	El Carcado	-	-	35	180
V7	M	El Gallo	-	13,1	62	220
V8	M	Epina	-	13,4	80	285
V9	M	Erque	-	-	35	220
V10	M	El Juncal	-	-	46	110
V11	M	La Cuesta	-	18,8	59	340
V12	M	La Quilla	-	14,5	96	465
V13	M	Macayo	-	13,0	66	260
V14	M	Temocodá	-	12,8	27	76
V15	G	Los Gallos	-	-	45	250

(M) - Manantial

(P) - Pozo

(G) - Galerías



## 6. HIDROQUIMICA

A mediados de 1973 se tomaron 47 muestras de agua de nacientes, pozos y galerías para análisis químico, determinándose en el campo la temperatura, pH y conductividad eléctrica. Los resultados de los análisis se exponen en el Cuadro núm. 15.

La temperatura del agua subterránea disminuye regularmente con la altitud, desde 20-24°C en la costa hasta 11-13°C en la cumbre (lámina GO-4), con la excepción de dos áreas de manantiales y una galería. Corresponden posiblemente a aguas de circulación más profunda, que emergen en el contacto entre las series ácidas intrusivas y los Basaltos Antiguos. Dichas aguas tienen composición química anormal.

El pH varía desde 7 a 8 en la zona superior, hasta 8 a 9 en la periferia y la conductividad eléctrica desde menos de 100 micromhos/cm. en la cumbre, hasta más de 1.000 en la costa, alcanzando los 2.000 en Valle Gran Rey.

La distribución del contenido en ión  $\text{Cl}^-$  (lámina GO-4), es muy similar a la de la conductividad. En dicha lámina se han señalado los puntos con un contenido elevado de nitratos, que corresponden a los valles que albergan poblaciones, donde existen regadíos y por tanto infiltración de excedentes de riego.

En el gráfico GO-1 pueden verse los diagramas de columnas verticales logarítmicas de los puntos de agua más caudalosos de la isla; normalmente se trata de aguas bicarbonatadas (en la cumbre) o cloruradas sódicas (en la periferia), si bien cabe destacar que las cantidades de Na, Mg y Ca son poco diferentes, posiblemente debido a la abundancia de basaltos. El sulfato es normalmente menos abundante que el cloruro. El contenido en bicarbonatos es pequeño, normalmente entre 40 y 250 mg/l y la sílice suele situarse entre 10 y 40 mg/l. Se trata en general de aguas oxigenadas (10 - 12 mg/l de oxígeno disuelto). El contenido en fosfato se sitúa entre 0,2 y 1 ppm, excepcionalmente hasta 2 ppm. En general el contenido en Br es menor que 0,1 mg/l.

Según Fernández-Caldas y Pérez-García (1974), el contenido en flúor es inferior a 0,45 ppm (desde 0,15 en los manantiales) y el boro está ausente.

La calidad agrícola es normalmente buena, excepto en puntos de la franja costera donde es excesivamente salina para el plátano y cultivos delicados. Sólo existe carbonato sódico residual en algunos lugares de la costa (3 pozos y 1 manantial), en cantidades a veces excesivas (hasta 3 meq/l).



CUADRO Nº 15

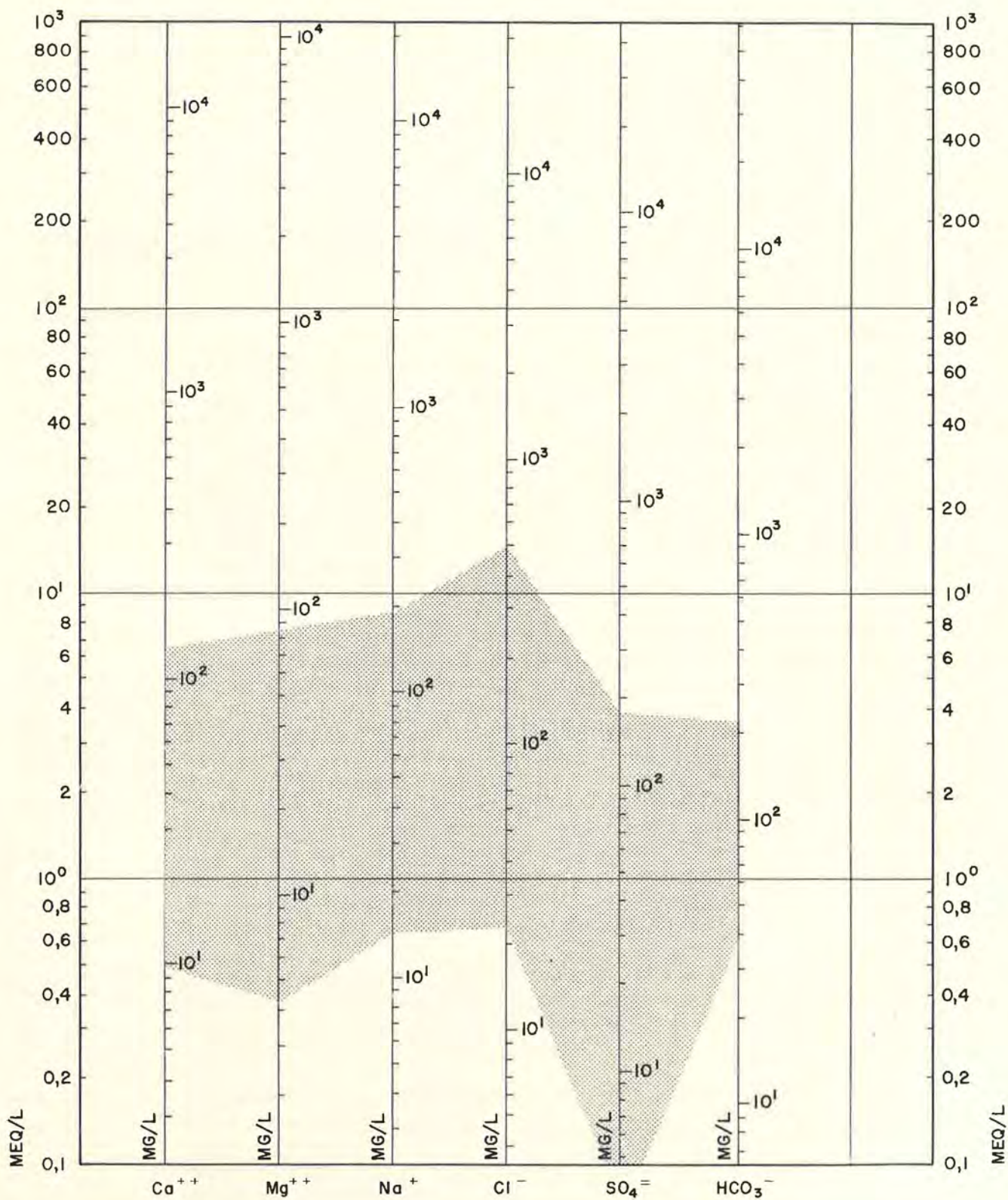
## Características químicas del agua subterránea


(Puntos seleccionados)

Punto del inventario	Fecha 1973	Temperatura del agua °C	pH	Residuo seco a 110° mg/l	S.A.R.	C.S.R.	Dureza total en ppm de CO <sub>3</sub> Ca	Iones en mg/l								
								Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>
G- 1	14.5	19,6	7,9	-	3,1	0,00	231	42,1	30,6	110,0	11,4	0,0	118,7	118,5	125,8	124,0
G- 2	22.5	17,3	8,1	199	2,3	0,00	76	13,9	10,0	46,0	2,2	0,0	78,1	16,3	68,8	3,5
G- 3	23.5	14,9	7,5	-	2,1	0,00	38	3,4	7,1	30,0	8,0	0,0	31,2	5,1	48,9	2,1
G- 4	22.5	-	8,3	203	2,3	0,00	78	13,9	10,6	47,5	2,0	0,0	83,0	15,5	68,8	2,0
J- 1	17.5	22,2	8,2	-	1,5	0,00	80	11,8	12,3	36,0	2,9	0,0	115,6	5,2	41,9	3,0
J- 2	17.5	-	8,4	-	9,4	2,91	126	15,1	21,4	243,0	8,1	6,1	318,6	66,7	224,0	5,1
H- 1	22.5	19,5	8,2	-	3,1	0,00	382	72,4	49,0	140,0	5,5	0,0	228,0	208,3	111,9	186,0
H- 2	21.5	21,5	8,1	-	4,2	0,00	336	64,0	42,9	175,3	6,8	0,0	224,9	223,5	125,8	186,0
H- 3	21.5	-	8,1	-	2,7	0,00	433	91,7	49,5	127,0	4,9	0,0	240,5	190,2	118,9	173,6
H- 4	22.5	11,2	7,7	-	1,3	0,03	55	13,5	5,1	22,3	1,7	0,0	68,7	2,3	35,0	0,0
H- 5	22.5	16,3	8,0	-	1,4	0,00	67	10,1	10,2	26,0	1,8	0,0	78,1	11,8	42,0	0,7
H- 6	22.5	16,3	8,2	131	1,4	0,00	61	10,5	8,5	26,0	1,8	0,0	63,5	9,4	37,8	5,5
H- 7	23.5	20,7	8,1	466	7,7	1,48	61	13,9	6,3	138,0	3,7	0,0	164,7	34,4	130,7	5,0
S- 1	15.5	-	8,0	-	1,4	0,00	302	53,9	40,9	57,0	4,8	0,0	102,7	70,3	167,8	34,1
S- 2	21.5	21,5	8,1	-	10,5	1,24	130	13,5	23,5	298,1	10,0	0,0	234,3	55,6	398,6	4,1
S- 3	15.5	21,1	7,9	-	1,6	0,00	227	45,4	27,6	55,0	3,3	0,0	96,8	87,2	112,0	22,3
S- 4	15.5	19,7	7,9	-	1,4	0,00	155	26,9	21,4	39,0	2,4	0,0	90,6	48,9	77,0	8,4
S- 5	15.5	22,5	8,3	221	1,4	0,00	113	24,4	12,7	35,0	2,0	0,0	73,2	40,8	51,6	18,1
S- 6	15.7	20,5	8,2	-	1,4	0,00	210	38,7	27,6	46,0	2,8	0,0	128,1	97,6	70,0	17,4
S- 7	15.5	-	8,2	329	1,5	0,00	186	27,9	28,3	47,0	2,2	0,0	141,6	85,1	65,3	2,5
S- 8	23.5	-	7,3	-	3,6	0,00	269	37,0	42,9	134,0	4,6	0,0	181,2	35,4	266,0	2,7
S- 9	17.5	23,2	8,0	-	7,4	0,08	160	18,5	27,6	216,2	9,0	0,0	200,0	37,8	308,0	3,0
S-10	18.5	23,2	10,0	166	3,5	1,32	39	10,5	3,2	51,0	2,4	48,0	30,5	5,7	27,5	2,5
S-11	25.5	21,7	8,1	151	1,4	0,00	78	20,9	6,3	29,0	1,4	0,0	92,7	5,7	41,3	0,0
S-12	25.5	25,2	7,9	164	2,1	0,11	70	10,5	10,6	40,0	1,2	0,0	91,5	10,5	44,7	1,0
S-13	18.5	12,7	8,3	91	0,9	0,00	52	13,9	4,2	15,0	1,3	0,0	54,9	2,4	24,1	2,2
S-13	18.5	12,7	7,7	160	0,6	0,00	134	7,6	28,1	15,0	1,4	0,0	53,1	17,6	27,9	1,5
R- 1	17.5	21,9	8,2	-	3,0	0,00	613	101,0	87,8	174,5	10,0	0,0	218,7	141,2	398,6	130,2
R- 2	17.5	21,9	8,7	-	3,0	0,00	680	127,9	87,8	183,0	8,2	15,4	181,2	184,8	497,0	158,1
R- 3	17.5	20,5	8,8	-	2,4	0,00	470	89,2	60,3	120,0	6,3	27,6	131,2	126,4	230,7	148,8
R- 4	17.5	21,3	8,1	780	2,6	0,00	265	55,5	30,6	98,0	4,9	0,0	215,5	87,9	139,8	99,2
R- 5	17.5	-	7,9	-	1,5	0,00	55	10,1	7,1	24,0	2,0	0,0	62,5	13,5	35,0	1,7
R- 6	24.5	-	7,3	134	1,5	0,00	60	7,0	10,4	27,0	1,8	0,0	73,2	6,2	44,7	1,0
R- 7	24.5	-	6,7	225	1,5	0,00	55	6,7	9,2	25,0	2,0	0,0	35,3	89,0	48,9	4,3
V- 2	16.5	21,0	8,2	-	1,8	0,23	122	18,5	18,4	47,0	3,4	0,0	162,4	10,7	56,0	2,6
V- 3	17.5	21,0	8,0	-	2,5	0,00	781	143,1	103,2	161,3	9,6	0,0	174,9	95,5	643,3	6,6
V- 5	24.5	-	7,9	146	2,1	0,00	54	10,5	6,8	36,0	1,6	0,0	54,9	0,1	61,9	1,0
V- 7	16.5	-	8,5	211	1,3	0,00	122	31,4	10,6	33,0	0,8	6,0	103,7	15,1	61,9	0,0
V- 8	14.5	13,4	7,6	-	2,0	0,00	63	10,1	9,9	37,0	2,2	0,0	40,6	3,5	80,5	4,8
V- 9	16.5	-	9,6	-	1,7	0,07	63	20,2	3,1	31,0	0,6	33,8	12,4	14,1	35,0	1,0
V-10	24.5	-	7,9	112	1,4	0,00	52	7,0	8,5	23,0	1,2	0,0	26,8	9,2	46,2	3,5
V-11	16.5	18,8	9,4	305	1,4	0,00	176	17,4	32,2	42,0	1,4	48,0	36,6	74,2	58,6	12,4
V-12	16.5	14,5	9,0	386	1,9	0,00	228	27,9	38,5	67,0	1,9	3,0	225,8	38,5	96,3	0,0
V-13	16.5	13,0	7,7	-	1,7	0,00	76	13,5	10,2	35,0	1,2	0,0	62,5	3,5	66,5	0,7
V-14	24.5	12,8	8,0	73	1,1	0,00	35	8,7	3,2	15,0	0,9	0,0	24,4	5,7	27,5	0,0
V-15	25.5	-	8,6	262	1,4	0,00	164	24,4	25,0	40,0	1,8	9,6	151,3	39,8	44,7	1,0



# COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA



 ZONA DE VARIACION DE LAS MUESTRAS  
 G-1, G-4, H-4, H-7, S-4, S-8, S-11, S-13, R-1, R-2, R-3, R-5, V-2 Y V-8



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

- El estudio de los recursos hidráulicos de la isla de La Gomera, como el de las restantes islas menores, se ha llevado a cabo a nivel de reconocimiento preliminar, mediante el análisis de la información disponible, termografía infrarroja, utilización de cartografía geológica a escala 1:50.000, análisis y proceso de los datos hidrológicos existentes, inventario selectivo de 22 pozos, 4 galerías y 23 manantiales, encuestas locales y análisis completo de 47 muestras de agua. También se ha dispuesto de los resultados de unos 200 sondeos del Servicio Geológico de Obras Públicas, que totalizan más de 7.000 m. A pesar de las limitaciones del estudio se ha llegado a una primera estimación y posible aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la isla.
- La pluviometría media anual es de unos 490 mm, equivalentes a 185 Hm<sup>3</sup>, de forma que el aprovechamiento de recursos es inferior al 10 % de la precipitación, cifra muy baja para el Archipiélago.
- Existe un volumen de rocas saturadas, limitado superiormente por una superficie freática, no bien conocida, e inferiormente por el Complejo Basal o la Serie Traquítica. Las rocas explotables son, pues, los Basaltos Sub-Recientes, según Cendrero, y, en menor cuantía, las Series Basálticas Antiguas. El conocimiento actual es aún muy rudimentario, no sólo en cuanto al valor real de la infiltración, sino incluso en cuanto a la propia precipitación y aún respecto a los límites y potencias de los Basaltos Sub-Recientes, en particular los Basaltos Horizontales. Sin embargo, el aprovechamiento actual de aguas subterráneas es tan pequeño que hay que ser moderadamente optimista respecto a su posible desarrollo.
- Las aguas superficiales tampoco están aprovechadas exhaustivamente y existen algunos emplazamientos con excelentes condiciones geotécnicas. Para su selección pueden servir de base los estudios realizados por el Servicio Geológico de Obras Públicas y el Centro de Estudios Hidrográficos.
- La calidad del agua subterránea es normalmente buena, exceptuando una franja costera en el sur y puntos localizados con exceso de nitratos por infiltración de aguas residuales. Desde el punto de vista agrícola es también buena en los nacientes y de buena a regular en los pozos, existiendo carbonato sódico residual en algunos lugares de la costa.
- Los recursos anuales utilizados son del orden de 13,2 Hm<sup>3</sup> procedentes de manantiales (7,6 Hm<sup>3</sup>), pozos (1,8 Hm<sup>3</sup>), galerías (1,3 Hm<sup>3</sup>) y embalses (2,5 Hm<sup>3</sup>). La demanda actual es de unos 16,5 Hm<sup>3</sup> y la futura podría superar los 36 Hm<sup>3</sup>.

Las zonas más deficitarias en la actualidad son Hermigua, Agulo y Vallehermoso. Los dos últimos términos verán cubierta su demanda actual (y probablemente la



futura) con los embalses de Meriga y La Encantadora respectivamente. En cuanto a Hermigua, a pesar del embalse de Mulagua, la solución no parece encontrarse en las aguas superficiales, ya que el embalse posible —Palorique— es inaceptable por su permeabilidad. Los recursos potenciales son: escorrentía superficial, 26 Hm<sup>3</sup>/año; infiltración, 36 Hm<sup>3</sup>/año.

## 7.2. Recomendaciones

- Ampliar y mejorar la red hidrológica existente, especialmente la pluviométrica, instalando alguna estación meteorológica completa, y proveyendo los medios para su explotación.
- Proceder al levantamiento geológico de toda la isla, al menos a escala 1:25.000, con especial atención a la cartografía de los Basaltos Sub-Recientes, que son los materiales que ofrecen mejores perspectivas para su explotación.
- Efectuar el inventario detallado de todas las explotaciones existentes, base imprescindible de cualquier actuación ulterior, estableciendo posteriormente y a partir de él una red hidrológica subterránea de observación permanente.
- Efectuar un inventario de cerradas y embalses posibles, desde el punto de vista geotécnico e hidrológico y dedicar una atención preferente a los estudios de recarga artificial, en particular en aquellas zonas que disponen de agua superficial y carecen de vasos adecuados para su retención, sin olvidar los posibles trasvases entre cuencas.
- Investigar mediante sondeos profundos y los ensayos pertinentes las características de las diferentes series basálticas y la situación de la superficie piezométrica.







## INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	213
1.1. Fisiografía .....	213
1.2. Población .....	213
1.3. Agricultura y distribución de cultivos .....	214
2. GEOLOGIA .....	215
3. HIDROLOGIA .....	217
3.1. Climatología .....	217
3.1.1. Temperaturas .....	217
3.1.2. Evapotranspiración .....	217
3.2. Precipitación .....	218
3.2.1. Planteamiento general .....	218
3.2.2. Estudio pluviométrico .....	218
3.2.3. Red pluviométrica estudiada .....	218
3.2.4. Tratamiento de datos .....	219
3.2.5. Proceso de cálculo .....	219
3.2.6. Leyes de distribución .....	220
3.2.7. Planteamiento de la red pluviométrica .....	221
3.2.8. Trazado de isoyetas .....	221
3.3. Estimación de aportaciones totales .....	221
3.4. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas .....	223
3.5. Planteamiento general de regulación .....	224
3.6. Aguas subterráneas .....	224
3.7. Balance hídrico .....	224
3.8. Máximas crecidas .....	225
4. RECURSOS HIDRAULICOS .....	227
4.1. Fuentes .....	227
4.2. Pozos costeros .....	228

	<u>Página</u>
4.3. Pozos ordinarios .....	228
4.4. Galerías .....	229
4.5. Galerías - Pozos .....	229
4.6. Sondeos .....	229
4.7. Aljibes .....	230
4.8. Producción de aguas subterráneas .....	230
5. HIDROQUIMICA .....	233
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	237
6.1. Conclusiones .....	237
6.2. Recomendaciones .....	238



## INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro núm. 1 - Temperaturas medias en Punta Orchilla .....	217
Cuadro núm. 2 - Evapotranspiración potencial media de la isla .....	217
Cuadro núm. 3 - Estaciones pluviométricas .....	219
Cuadro núm. 4 - Rectas de regresión y coeficientes de correlación .....	220
Cuadro núm. 5 - Precipitaciones medias de las estaciones definitivas .....	220
Cuadro núm. 6 - Ley de Goodrich y Test de Kolmogoroff .....	220
Cuadro núm. 7 - Aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona I .....	222
Cuadro núm. 8 - Aportaciones estimadas en Hm <sup>3</sup> en la Zona II .....	223
Cuadro núm. 9 - Estimación de aportaciones medias .....	223
Cuadro núm. 10 - Características de los manantiales .....	227
Cuadro núm. 11 - Características de los pozos costeros .....	228
Cuadro núm. 12 - Características de los pozos ordinarios .....	228
Cuadro núm. 13 - Características de las galerías .....	229
Cuadro núm. 14 - Características de las galerías - pozo .....	229
Cuadro núm. 15 - Características de los sondeos .....	230
Cuadro núm. 16 - Producción de agua subterránea .....	231
Cuadro núm. 17 - Características químicas del agua subterránea .....	233

## INDICE DE GRAFICOS Y LAMINAS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
Gráfico HI-1	Calidad de las aguas subterráneas para el riego ..	235
Lámina HI-1	Mapa geográfico general .....	
Lámina HI-2	Cartografía geológica .....	
Lámina HI-3	Pluviometría media anual .....	
Lámina HI-4	Captaciones de agua subterránea .....	
Lámina HI-5	Temperatura y conductividad del agua subterránea	
Lámina HI-6	Contenido en Cl <sup>-</sup> del agua subterránea .....	



## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. Fisiografía**

La isla de El Hierro, de 278 Km<sup>2</sup> de superficie, es la menor del Archipiélago Canario y la situada más al W, por lo que, antes del descubrimiento de América, su extremo occidental del cabo de Punta Orchilla se tomaba como meridiano de referencia para el cálculo de longitudes. Se encuentra a unas 51 millas al S de La Palma y a unas 39 millas al SW de La Gomera, alcanzando los fondos marinos, entre El Hierro y ambas islas, profundidades cercanas a los 4.000 m. (Lámina HI-1).

Es de forma groseramente triangular, con sus vértices en Punta Norte (al N), Punta Restinga (al SE) y Punta Orchilla (al W). Sus costas, de 95 Km. de longitud, son muy acantiladas y llenas de arrecifes, resultando el paisaje en su conjunto agreste y abrupto, como corresponde a un país volcánico reciente.

Las únicas zonas llanas costeras se encuentran en El Golfo, resto de una depresión calderiforme rellena de lahares, derrubios de pendiente y coladas basálticas recientes, cuyas escarpadas laderas alcanzan elevaciones superiores a los 1.000 m. Otras pequeñas planicies que se pueden citar son: la Punta de la Dehesa, la Hoya del Verodal y el Borque del Barbudo, en la región W de la isla; El Lajial, al S; el Llano de los Cangrejos, al E, donde se ha situado el aeropuerto, y algún pequeño valle en el N.

Por encima de la cota 1.000 se desarrolla una amplia meseta de unos 50 Km<sup>2</sup> de superficie, con bosques de pinos y brezos, sobre la que destacan al S los picos de Malpaso (1.501 m), Tenerife II (1.416 m) y Tábano (1.387 m).

La red hidrográfica es incipiente, a pesar de lo cual se ha intentado, sin fruto, el aprovechamiento de las aguas superficiales mediante los embalses de Tifirabe (33.000 m<sup>3</sup>), Tejehuete (12.000 m<sup>3</sup>), Taguasinte y Taibique.

### **1.2. Población**

En toda la isla sólo existe un partido judicial y dos términos municipales: Valverde, capital de la isla y cabeza del partido, y Frontera.

Las principales agrupaciones humanas del término municipal de Valverde (570 m. de altitud) son: Mocanal (500 m), San Andrés (1.050 m), Isora (875 m), Guarazoca (600 m) y Erese (600 m).

En el término municipal de Frontera (350 m) los principales poblados son: Taibique (825 m), Las Casas (850 m), Sabinosa (275 m), Los Llanillos (250 m), Los Mocanes (150 m) y Tigaday (300 m).

La población total de la isla de El Hierro, según el censo de 1970, era de 5.503 habitantes, de los que 3.190 se concentraban en la capital. El crecimiento demográfico ha sido muy lento a lo largo del tiempo y actualmente se halla en franca regresión, como se observa por los datos adjuntos:

Año	1678	1768	1900	1950	1970
Población	3.297	4.022	5.000	9.000	5.503

Para terminar este breve esbozo, añadiremos que la relación con el exterior se realiza a través del Puerto de La Estaca y el Aeropuerto de Los Cangrejos (de reciente conclusión). La red estatal de carreteras no llega a 42 Km.

### 1.3. Agricultura y distribución de cultivos

La mayor parte de la agricultura es de secano. Su distribución por cultivos es la siguiente:

Cereales	1.960 Has.
Viñedos	522 Has.
Frutales	487 Has.
Forraje	380 Has.
Hortalizas	8 Has.
Pinares maderables	276 Has.
Erial o pastos	8.400 Has.
Matorrales e improductivos	<u>15.767 Has.</u>
T o t a l . . . . .	27.800 Has.

Actualmente ha decrecido la superficie destinada a viñedo, se conserva la de cereales y ha aumentado probablemente la dedicada a forraje.

En el futuro continuará esta agricultura de secano, en especial con destino a la ganadería, pero aumentarán los cultivos de regadío en la zona de El Golfo, donde ya se han preparado 40 Has. de plataneras y existe la idea de llegar a unas 300 en cuatro años.



## 2. GEOLOGIA

Se trata de un edificio volcánico moderno, con predominio en su estructura de conos de piroclastos de composición basáltica, coladas basálticas escoriáceas, algún basalto masivo y escasas coladas de fonolita, intercaladas con los basaltos y sin mucha representatividad. El cuadro lo completan los lahares, sedimentos y derrubios presentes en las zonas de El Golfo, Sabinosa, El Julán y Las Playas, entremezclados con coladas basálticas recientes.

El basamento visible está compuesto en su totalidad por los denominados Basaltos Antiguos (Serie I), potente sucesión de basaltos sub-horizontales, con aglomerados interestratificados, piroclastos, tobas y conos de cinder. La serie tiene más de 1.000 m. de espesor y está atravesada por una densa red de diques de composición basáltica y fonolítica.

A pesar de su denominación, estos Basaltos Antiguos deben ser mucho más recientes que sus homólogos de Tenerife y Gran Canaria, como lo atestiguan su menor compacidad y mayor permeabilidad. Sobre su superficie se diseminan unos 200 centros de emisión, en diferente estado de conservación, que dan origen a las Series Basálticas II y III, cuya cartografía sucinta se recoge en la lámina HI-2.

Incidentalmente, señalaremos que algunos malpaíses recientes (El Lajial) presentan una rica gama de formas volcánicas, en particular de lavas cordadas, tubos volcánicos, canales, etc., cuya conservación debiera vigilarse.

### 3. HIDROLOGIA

#### 3.1. Climatología

La única estación climatológica de la isla es la recientemente instalada en el aeropuerto, cuyos datos no están todavía disponibles, por lo que los parámetros climatológicos se han estimado de los escasos datos utilizables.

##### 3.1.1. Temperaturas

Los únicos datos disponibles son las temperaturas medias en Punta Orchilla, que son las siguientes:

CUADRO Nº 1

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Media
17,8	18,0	18,5	19,2	20,7	21,8	23,3	23,9	24,1	23,1	20,9	18,4	20,8

En el resto de la isla se carece de datos y si bien estos valores pueden considerarse representativos de la zona costera sur, no pueden extenderse al resto de la isla, pero puede deducirse que por debajo de 250 m. la temperatura media anual está comprendida entre 18° C y 21° C y por encima de 1.000 m. entre 12° C y 14° C.

##### 3.1.2. Evapotranspiración

A partir de los datos de temperatura media de Punta Orchilla se ha calculado, por el método de Thornthwaite, la evapotranspiración potencial, obteniéndose los siguientes valores en mm:

CUADRO Nº 2

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
49,2	50,2	61,8	67,5	91,4	100,8	116,8	118,6	108,2	97,0	72,9	56,8	991,2



El método de Thornthwaite ha de ser acogido con ciertas reservas en climas más bien secos y con estiajes acusados como en el caso de las islas Canarias, por lo que más aceptable parece la cifra de unos 1.400 mm. anuales, deducidos por comparación con otras islas del Archipiélago.

## **3.2. Precipitación**

### **3.2.1. Planteamiento general**

Se ha realizado un estudio completo de precipitaciones en toda la isla, en la que no se cuenta con una red pluviométrica suficiente y cuya distribución no es además homogénea.

Debido a esta característica, el estudio de precipitaciones ha necesitado un tratamiento estadístico muy completo, que ha tenido los siguientes objetivos:

- a) Ajustar series pluviométricas suficientemente extensas, homogéneas y de garantía.
- b) Estudiar la distribución anual y mensual de las precipitaciones.
- c) Establecer en una primera aproximación la red pluviométrica conveniente.

### **3.2.2. Estudio pluviométrico**

El estudio pluviométrico se ha realizado en cuatro fases:

- a) Recopilación completa de todos los datos utilizables.
- b) Análisis y contraste de estos datos.
- c) Corrección, interpolación y ajuste definitivo de series básicas.
- d) Trazado de isoyetas anuales, medias mensuales y media del período.

### **3.2.3. Red pluviométrica estudiada**

Sólo existen 10 estaciones pluviométricas en la isla, con registros incompletos de períodos variables.

Se relacionan a continuación los pluviómetros existentes, sus cotas y la fecha probable de comienzo de funcionamiento.

CUADRO N° 3

Nombre	Fecha de comienzo	Cota
Aeropuerto	1972	30
Taibique (Nuevo)	1973	857
Guarazoca	1946	550
Mocanal	1958	485
Valverde	1955	575
Puerto de la Estaca	1962	25
San Andrés	1955	1.035
Sabinosa	1961	255
Orchilla	1960	110
Golfo Merese	1955	275

Su situación se refleja en la lámina HI-3.

#### 3.2.4. Tratamiento de datos

Para el análisis, contraste, corrección e interpolación de datos pluviométricos se ha utilizado el método de dobles acumulaciones a escala anual y el método de correlación ortogonal a escala mensual.

#### 3.2.5. Proceso de cálculo

Se ha realizado el siguiente proceso:

1. Se asignó un número a cada estación por orden alfabético y unas coordenadas convencionales.
2. Se estudiaron las correlaciones mensuales de todas las estaciones.
3. A la vista de dichas correlaciones, se dibujaron las nubes de puntos de todas aquellas cuyo coeficiente de correlación era superior a 0,75 y se eliminaron todos aquellos puntos que presentaban una dispersión muy acusada.
4. Se volvieron a estudiar dichas correlaciones sin esos puntos y así se obtuvieron las ecuaciones definitivas, cuyos coeficientes de correlación y rectas de regresión se dan en el siguiente cuadro.

$r$  = coeficiente de correlación

$$y = AP_0 x + AP_1$$



CUADRO N° 4

y	x	r	AP <sub>0</sub>	AP <sub>1</sub>
1	5	0,90	0,56	3,04
2	5	0,90	0,57	5,07
	3	0,91	1,78	1,30
3	2	0,91	0,56	- 0,73
	5	0,84	0,32	1,44
4	2	0,77	2,73	-13,39
5	1	0,90	1,80	- 5,48
	2	0,89	1,75	8,89

Finalmente, y en función de los criterios y métodos ya mencionados anteriormente, se definieron las estaciones cuyos valores medios se dan en el cuadro núm. 5.

CUADRO N° 5

Nº - Nombre estación	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1. Erese	30,9	64,3	39,0	64,6	30,9	42,4	10,2	4,1	0,3	0,1	1,3	4,5	292,6
2. Guarazoca	36,9	57,2	40,6	65,4	35,9	23,0	12,4	4,8	2,2	0,7	1,2	7,8	288,1
3. Punta Orchilla	21,5	31,7	21,2	33,1	23,7	14,2	6,5	1,4	0,4	0,0	0,3	3,5	157,5
4. Taibique	80,3	137,0	90,5	147,8	86,9	52,6	22,5	5,8	2,5	0,9	1,1	14,1	642,0
5. Valverde	57,8	107,6	66,1	107,8	47,7	72,4	15,1	4,6	0,5	0,1	0,4	8,8	488,9

### 3.2.6. Leyes de distribución

Para el estudio de las leyes de distribución a escala anual y mensual se intentaron diversas leyes, llegándose finalmente a que el mejor ajuste se obtenía por la ley de distribución de Goodrich. Se ha aplicado esta ley de distribución a escala anual a 5 estaciones y se ha contrastado la bondad del ajuste por el test de Kolmogoroff; los resultados se dan en el cuadro núm. 6.

CUADRO N° 6

Nº - Nombre estación	a <sup>n</sup>	x <sub>1</sub>	n	Test de $\chi^2$
1. Erese	0,0029412	- 9,032	0,5021318	0,90
2. Guarazoca	0,0051723	105,560	0,8256922	0,90
3. Punta Orchilla	0,0089790	52,195	0,8237147	0,60
4. Taibique	0,0018868	141,500	0,8308963	0,90
5. Valverde	0,0018154	- 0,269	0,5202316	0,90



### 3.2.7. Planteamiento de la red pluviométrica

Debido a la escasez y mala distribución de las estaciones pluviométricas, consideramos absolutamente necesario que exista una red básica, que definiremos en una primera aproximación en función de los siguientes criterios:

- Factores meteorológicos
- Factores topográficos
- Factores económicos

Una vez definida esta red básica, y en regiones de especial interés o particularmente representativas, se establecerá una red secundaria cuyos criterios dependerán, principalmente, de las necesidades de todo tipo: hidráulicas, agrícolas, urbanas, etc.

En función de la información obtenida en el "Estudio Hidrológico de Base" y condicionando la red pluviométrica óptima a la existente actualmente, se llega a una red básica compuesta por 5 pluviógrafos, 10 pluviómetros y 3 totalizadores. Esta red, establecida, como ya hemos dicho, en base a la actual, se ha fijado con criterios de utilización del máximo número de estaciones de garantía actualmente en explotación y tratando de que el coste sea el mínimo posible. No obstante, convendría estudiar posteriormente la posibilidad de establecimiento de redes más densas que actualmente no tienen datos y también estudiar el equipo óptimo, en función de la topografía y posibilidades de explotación, principalmente, de todas las zonas montañosas.

### 3.2.8. Trazado de isoyetas

En el Estudio Hidrológico de Base a partir de las estaciones definitivas y considerando además todos los datos originales de aquellas estaciones en las que no ha sido posible completar o, en su caso, corregir sus datos, debido a que las posibles comparaciones de estas estaciones con otras afines no han resultado suficientemente aceptables con los criterios estadísticos utilizados, y teniendo en cuenta la topografía y las diversas influencias climáticas, se han dibujado las isoyetas medias mensuales, y la isoyeta media del período 1945/46 - 1964/65 (Lámina HI-3).

Del mapa citado se deduce que la pluviometría media anual es de 390 mm, equivalentes a 108 Hm<sup>3</sup>. La precipitación media anual varía de unos 200 mm en la costa a más de 600 en la meseta central.

### 3.3. Estimación de aportaciones totales

Son inexistentes los datos sobre aforos en la isla.

A la vista de esta carencia de datos, se ha optado por estimar las aportaciones en función de la pluviometría y de las características geológicas e hidrogeológicas generales: geomorfología y datos físicos de las cuencas consideradas.

A la estimación del dato mensual, se ha llegado por el siguiente proceso:



- a) Se ha dividido la isla en dos zonas, que pueden verse en la lámina HI-1 atendiendo a sus características climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas, y a los resultados del estudio pluviométrico realizado.
- b) Se ha estimado, en función de dichas características, un coeficiente de escorrentía medio para cada zona.
- c) A partir de la isoyeta media del período estudiado en el estudio pluviométrico, se ha obtenido la precipitación media de cada zona.
- d) Dentro de cada zona se ha escogido una serie de estaciones cuya media fuera sensiblemente igual a la precipitación media obtenida de la isoyeta media; la media de estas estaciones se ha considerado como estación base.
- e) En función de los datos de evapotranspiración obtenidos por diferentes métodos empíricos y de la escorrentía media estimada, se ha ajustado gráficamente una curva para cada zona, que relaciona la precipitación mensual con la aportación específica.
- f) Con los datos mensuales de precipitación de las estaciones base y utilizando las curvas respectivas obtenidas en el apartado anterior, se ha obtenido la serie de aportaciones específicas correspondientes al período de lluvias estudiado.
- g) A partir de las series de aportaciones específicas de cada zona, se han obtenido las aportaciones mensuales y anuales, que pueden verse en los cuadros 7 y 8.

**CUADRO N.º 7**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona I**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1945 - 1946	0.00	1.46	0.30	0.55	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33
1946 - 1947	0.00	0.07	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
1947 - 1948	0.00	0.07	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
1948 - 1949	0.00	0.00	0.05	0.06	0.03	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
1949 - 1950	0.00	0.21	0.51	0.26	0.01	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31
1950 - 1951	0.06	3.43	0.00	0.29	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.34
1951 - 1952	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.23
1952 - 1953	0.02	1.72	0.00	2.33	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.21
1953 - 1954	0.45	0.09	1.49	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09
1954 - 1955	0.01	0.66	0.01	0.01	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84
1955 - 1956	2.76	2.35	0.00	0.68	0.61	0.60	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	7.15
1956 - 1957	0.00	0.45	0.00	0.27	0.00	3.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70
1957 - 1958	2.78	0.01	0.72	0.94	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.17
1958 - 1959	0.00	0.10	0.26	1.45	0.02	0.81	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65
1959 - 1960	0.00	0.26	0.00	0.03	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65
1960 - 1961	0.01	0.01	0.12	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
1961 - 1962	0.00	0.12	0.12	0.55	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82
1962 - 1963	1.66	0.81	0.73	1.02	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.36
1963 - 1964	0.00	0.01	0.14	1.26	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42
1964 - 1965	0.00	0.00	0.04	0.32	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
Aportación media	0.38	0.59	0.22	0.53	0.10	0.35	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22



**CUADRO N° 8**  
**Aportaciones estimadas en Hm<sup>3</sup> en la Zona II**

Años	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Total
1945 - 1946	0.00	5.18	1.48	2.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.72
1946 - 1947	0.00	0.26	0.36	1.92	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90
1947 - 1948	0.00	0.27	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.51
1948 - 1949	0.00	0.00	0.14	0.04	0.08	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57
1949 - 1950	0.00	0.70	0.91	0.16	0.21	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.33
1950 - 1951	0.24	4.10	0.00	2.03	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.56
1951 - 1952	0.00	0.26	0.07	0.10	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	1.31
1952 - 1953	0.00	4.89	0.00	4.41	0.81	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	10.20
1953 - 1954	1.89	0.01	2.36	0.33	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.84
1954 - 1955	0.21	2.72	0.00	0.00	0.56	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90
1955 - 1956	10.59	6.73	0.09	3.09	4.70	1.07	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.43
1956 - 1957	0.01	1.66	0.00	1.10	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98
1957 - 1958	9.58	0.40	2.15	6.42	6.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.82
1958 - 1959	0.00	0.39	0.63	4.59	0.03	2.93	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.59
1959 - 1960	0.01	0.30	0.00	0.13	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60
1960 - 1961	0.00	0.03	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
1961 - 1962	0.03	0.30	0.79	0.38	0.30	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93
1962 - 1963	1.72	1.71	1.72	2.66	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.82
1963 - 1964	0.00	0.01	0.52	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.71
1964 - 1965	0.00	0.00	1.87	0.40	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.16
Aportación media	1.21	1.49	0.66	1.59	0.79	0.36	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	6.25

A continuación se dan los valores medios obtenidos.

**CUADRO N° 9**

Zona	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Aportación (Hm <sup>3</sup> )	Escurrentía media
I	118	334	2,2	0,06
II	160	430	6,2	0,09
Total	278	390	8,4	0,08

### 3.4. Estimación de aportaciones superficiales y subterráneas

En función del estudio completo de precipitaciones, de los cálculos de evapotranspiración, de las condiciones geológicas e hidrogeológicas, de las características físicas y de los escasos datos directos de escurrentía superficial, se han estimado los siguientes valores medios, que deben tomarse con las reservas propias de la metodología empleada.

Aportación superficial . . . . .	3,0 Hm <sup>3</sup>
Aportación subterránea . . . . .	5,4 Hm <sup>3</sup>



### 3.5. Planteamiento general de regulación

Se han calculado las curvas de regulación a caudal fijo para cada zona. Las curvas de regulación con demanda variable no se han considerado necesarias ya que la distribución de los consumos mensuales es sensiblemente constante a lo largo del año; estas curvas de regulación deben considerarse únicamente como valores indicativos de comparación de las distintas zonas. Las leyes de distribución y las curvas de regulación se han calculado con la misma metodología que se cita en la isla de Tenerife y todos los cálculos y resultados pueden verse en el "Estudio Hidrológico de Base".

### 3.6. Aguas subterráneas

En el valle de El Golfo, que es la zona más activamente explotada, el acuífero está constituido por lahares, sedimentos, derrubios de pendiente y coladas basálticas recientes. En el resto de la isla predominan los Basaltos Antiguos, (60 % de coladas basálticas y un 40 % de piroclastos y niveles escoriáceos), en disposición subhorizontal, con suave buzamiento al S, atravesados por una red bastante densa de diques.

Los datos altimétricos disponibles, no permiten precisar los gradientes piezométricos en El Golfo, muy bajos incluso a distancias de 1 a 2 Km. En el resto de la isla se han medido valores del 1 al 3 %. En cualquier caso, parece que la superficie piezométrica culmina a cotas bajas, quizá del orden de 200 m, lo que explica el fracaso de todas las galerías realizadas.

Únicamente se han verificado ensayos de recuperación y bombeos en 7 pozos, aparte de numerosas medidas de oscilación y desfase de los niveles freáticos con las mareas. A título meramente indicativo, se puede pensar en valores de los caudales específicos del orden de 30 m<sup>3</sup>/día/m. en los Basaltos Antiguos y de unos 400 m<sup>3</sup>/día/m. en el acuífero de El Golfo. La difusividad hidráulica (T/S), deducida de la amortiguación y desfase del efecto de marea, varía entre 30.000 y 300.000 m<sup>2</sup>/día.

Aceptando esas cifras y un gradiente del 0,5 al 1 %, se obtiene una descarga al mar (en los 6 km. de anchura del acuífero de El Golfo) de 12.000 - 24.000 m<sup>3</sup>/día, equivalentes a 4,4 - 8,8 Hm<sup>3</sup>/año. Como la extracción actual es de 0,7 Hm<sup>3</sup>/año, parece evidente que existen grandes posibilidades de intensificar la explotación.

Hay que advertir, sin embargo, que por la propia naturaleza permeable del acuífero hay un elevado riesgo de intrusión marina, por lo que procede establecer desde ahora dispositivos de observación para el control de la interfaz.

En cuanto al tipo de captación a emplear, puede ser cualquiera de los usuales, pozo ordinario, o galería pozo, con tal de que la penetración vertical se adecúe a las condiciones piezométricas del lugar.

### 3.7. Balance hídrico

El balance se ha realizado dividiendo la isla en las siguientes 7 zonas: Zona 1, (área montañosa entre Valverde y San Andrés, 44 Km<sup>2</sup>); Zona 2, (meseta al oeste de Taibique, 40



Km<sup>2</sup>); Julán y La Dehesa (77 Km<sup>2</sup>); Restinga (30 Km<sup>2</sup>); El Golfo (32 Km<sup>2</sup>); Costa Oriental (25 Km<sup>2</sup>) y Costa Norte (30 Km<sup>2</sup>).

Los coeficientes de infiltración adoptados han sido 25 % en las zonas 1 y 2 y 15 % en las restantes, referidos a la pluviometría media.

Con estas hipótesis se obtiene una infiltración anual de 21 Hm<sup>3</sup>.

Se ha calculado también la recarga mediante el balance del cloro, admitiendo que la lluvia tiene de 15 a 20 mg/l, que son los valores registrados en aljibes, obteniéndose un resultado (19 Hm<sup>3</sup>), congruente con el anterior.

En definitiva, y con las reservas propias de este tipo de balances, podemos aceptar las siguientes cifras para el año medio.

Precipitación	108 Hm <sup>3</sup>
Evapotranspiración	84 Hm <sup>3</sup>
Escorrentía	3 Hm <sup>3</sup>
Infiltración	21 Hm <sup>3</sup>

### 3.8. Máximas crecidas

En la isla de Hierro no existen series de datos utilizables de valores máximos ni de caudales instantáneos, ni valores de máxima precipitación en 24 horas.

Con objeto de completar el estudio hidrológico y tener, al menos en una primera estimación, los valores de máxima crecida, se ha realizado un estudio considerando como factores condicionantes, además de las características geomorfológicas de las zonas seleccionadas, su vegetación y valor de precipitación. Se ha ajustado una fórmula empírica, función del índice de pendiente, de la superficie de cuenca y de la longitud máxima de la red de drenaje, habiéndose obtenido los coeficientes de la misma por comparación de los distintos factores que intervienen en la máxima crecida con la isla de Tenerife.

La fórmula considerada ha sido la siguiente:

$$Q = 10 \cdot S \left( \frac{L}{4 \cdot I_p} \right) - \frac{2}{3} \cdot K$$

Siendo:

Q = Caudal de máxima crecida para un tiempo de recurrencia de 100 años y un intervalo de variación de  $\pm 20\%$ .

S = Superficie de cuenca, en km<sup>2</sup>.

L = Longitud del cauce mayor, en km.

I<sub>p</sub> = Índice de pendiente.

K = Valor característico de la cuenca, en función de su geología, vegetación y precipitación máxima.

Se han estimado para K valores de 0.4 y 0.3 para las zonas I y II.



#### 4. RECURSOS HIDRAULICOS

La isla de El Hierro es una de las más pobres en cuanto a recursos hidráulicos se refiere. El suministro de agua para uso doméstico proviene de determinado número de pozos costeros, algunas galerías, escasas fuentes y del agua de lluvia recogida en los numerosos aljibes existentes.

En 1973 se llevó a cabo un detallado inventario de todos los puntos de agua, utilizando la cartografía, escala 1:10.000, del Servicio Geográfico del Ejército. Los resultados se reflejan en la lámina HI-4 y se recogen en los cuadros adjuntos.

##### 4.1. Fuentes

Se trata en realidad de pequeños rezumes colgados, cuyo caudal nunca llega al m<sup>3</sup>/día, aprovechados en general por el ganado.

CUADRO Nº 10

Nº del inventario	Nombre	Mapa 1:10.000	Cota m.	T. agua °C	T. aire °C	Cl <sup>-</sup> (p.p.m.)	Análisis completo
1	La Fuentita	1.127-I-SO	1.050	-	-	-	NO
2	Isora (Azola)	1.127-II-NO	730	14,2	14,4	43	SI
3	Del Lomo	1.127-II-NO	1.277	10,9	18,3	50	SI
4	La Llanía	1.127-II-NO	1.325	-	-	-	NO
5	Mequena	1.127-II-NO	1.160	10,6	18,3	32	SI
6	Del Julán	1.127-II-NO	1.237	10,7	18,3	50	SI
7	Mancafite	1.127-III-NE	990	14,8	17,0	85	SI
8	De Bintó	1.127-III-NE	1.405	-	-	-	NO
9	D. Rodrigo	1.127-III-NE	870	14,6	20,5	35	SI
10	Las Playecitas	1.127-I-SE	25	-	-	-	NO
11	De los Frailes	1.127-I-NO	970	11,7	13,4	74	SI
12	Itamote	1.127-I-NE	712	-	-	-	NO
48	San Lázaro	1.127-I-NE	555	15,6	18,1	113	SI
53	Tincos	1.127-I-SO	890	11,9	16,9	117	SI

#### 4.2. Pozos costeros

Se trata de pozos de limitada profundidad, a orillas del mar, en general muy antiguos y con escaso caudal. Sus características se citan a continuación:

CUADRO N° 11

Nº del inventario	Nombre	Mapa 1:10.000	Cota (m)	Profundidad (m)	Caudal	Cl <sup>-</sup> (p.p.m.)	Análisis completo
14	Tijimiraque Viejo	1.127-I-SE	20,00	9,30	-	2.087	SI
15	La Bonanza	1.127-II-NO	5,00	4,10	-	1.448	SI
16	Las Arenas	1.127-II-NO	13,00	13,40	2 l/min.	1.000	SI
17	Cardones I	1.127-II-SO	5,00	5,30	-	1.278	SI
18	Dulce	1.127-II-SO	2,00	1,90	-	1.000	SI
19	Las Ballenas I	1.127-II-SO	5,00	5,00		Abandonado	
20	Chemille	1.127-III-SE	-	-		Abandonado	
21	Los Negros	1.127-III-NO	0,00	?		Abandonado	
22	El Majuelo	1.127-IV-SO	10,00	?		Destruído	
23	La Salud	1.127-III-SE	10,00	10,04	-	4.540	SI
24	La Poyata	1.127-IV-SE	45,00	8,50	-	-	-
25	B <sup>a</sup> de Los Pozos	1.127-IV-SE	5,00	-		Desaparecido	
26	B <sup>a</sup> de Los Pozos	1.127-I-SO	5,00	4,00	Seco	-	NO
27	Punta del Pozo	1.127-I-SO	10,00	9,00	-	-	NO
28	Las Calcosas	1.123-II-SE	11,00	10,60	Seco	-	-
29	Las Salinas	1.123-II-SO				Destruído por desplomes	
30	Pajero Blanco	1.127-II-NO	54,00	53,00	Seco		Abandonado
51	Playa Cardones II	1.127-II-SO	4,00	3,80	Salobre		NO
54	Las Ballenas II	1.127-II-SO	4,00	3,00			Abandonado

#### 4.3. Pozos ordinarios

Las características principales de los pozos ordinarios son las siguientes:

CUADRO N° 12

Nº del inventario	Nombre	Mapa	Cota (m)	Profundidad (m)	Caudal (l/seg)	Cl <sup>-</sup> (p.p.m.)	Análisis
36	San Simón	1.127-IV-SO	25,0	23,0	7	342	SI
37	Tigaday	1.127-I-SO	272,0	75,3	En construcción (Junto al S-5)		
38	Fátima	1.127-I-SO	135,0	136,4	25	280	SI (S-12)
39	Agua Nueva II	1.127-I-SO	75,0	74,0	30	525	SI
40	Agua Nueva	1.127-I-SO	52,0	55,0	10	496	SI
41	Frontera	1.127-I-SO	228,0	231,7	25	35	SI
42	Los Padrones	1.127-I-SO	55,0	51,0	1	341	SI
44	Tijimiraque	1.127-I-SE	86,0	77,0	6	293	SI
49	Tejeguato	1.127-IV-SE	190,0	70,0	En Construcción		



#### 4.4. Galerías

Las características de las galerías son:

CUADRO Nº 13

Nº del inventario	Nombre	Mapa	Cota (m)	Longitud (m)	Caudal	Análisis
45	Tigirote	1.127-I-SE	495	913	Seca	NO
46	Tincos	1.127-I-SO	312	1.777	Goteos	SI
47	Aguarijo	1.127-I-SO	460	1.997	Goteos	NO
50	Sabinosa	1.127-III-NE	490	357	Seca	NO
52	Charco de Tincos	1.127-I-SO	600	331	Seca	NO
55	Frontera	1.127-I-SO	285	600	Abandonada	NO

#### 4.5. Galerías - pozo

Se trata de galerías a cota reducida, a veces en rampa, a cuyo extremo suficientemente alejado del mar se perfora un pozo desde donde se bombea el agua, y cuyas características son:

CUADRO Nº 14

Nº del inventario	Nombre	Mapa	Cota (m)	Longitud (m)	Caudal (l/seg)	CI* (p.p.m.)	Análisis
31	Cardones	1.127-II-NO	5	En proyecto	-	-	-
32	Icota	1.127-II-SO	10	275	25	213	SI
33	Tacorón	1.130-I-NO	40	852	En construcción	348	SI
34	Alcusas	1.127-III-SE	3	637	En construcción	53	SI
35	Verodal	1.127-III-NO	65	1.083	En construcción	507	SI
43	La Estaca	1,127-I-SE	29	288	17	284	SI

#### 4.6. Sondeos

Entre 1965 y 1968, el Servicio Geológico de Obras Públicas efectuó veinte sondeos en el valle de El Golfo, cuya situación se refleja también en la lámina HI-4. En las proximidades de algunos de estos sondeos se han abierto los nuevos pozos del valle.

Las características de estos sondeos se relacionan a continuación (cuadro núm. 15):

CUADRO Nº 15

Lugar	Sondeo	Cota aproximada (m)	Profundidad (m)	Profundidad del nivel (m)
Tejecute	P1-S1	126	132,0	Obturado
Tejecute	P2-S1	132	132,3	Obturado
Tejecute	P3-S1	117	125,0	117,7
Tejecute	P3-S2	113	117,0	112,3
Tigaday	S- 5	271	270,7	253,7
El Rumbaso	S- 6	249	254,3	248,3
Las Lapas	S- 7	253	252,0	249,3
Las Lapas	S- 8	235	247,5	230,2
Los Mocanes	S- 9	163	176,0	161,3
Merese	S-10	275	278,6	274,3
Tejecute Viejo	S-11	203	212,0	Obturado
Los Mocanes	S-12	125	133,7	126,4
Los Mocanes	S-13	109	125,0	108,6
Pie del Risco	S-14	237	267,7	230,3
Las Lapas	S-15	283	294,0	268,4
Tigaday	S-16	265	280,0	263,0
Los Llanillos	S-17	243	266,2	244,7
Las Lapas	S-18	279	277,0	247,1
Las Lapas	S-19	272	276,7	270,5
Agua Nueva	S-20	79	59,2	-

#### 4.7. Aljibes

Según datos facilitados por los respectivos ayuntamientos, además de los embalses mencionados en 1.1. y de los 9 aljibes del Cabildo, con capacidad de 7.000 m<sup>3</sup>, existen en Valverde 1.722 aljibes, con una capacidad de 86.000 m<sup>3</sup>, y 1.120 en Frontera, con una capacidad de 28.000 m<sup>3</sup>, sin contar los 6 depósitos de Las Casas, Taibique, Sabinosa, Frontera, El Cres y El Pinar (5.800 m<sup>3</sup>).

#### 4.8. Producción de aguas subterráneas

De los datos del inventario se deduce que sólo están en funcionamiento 8 explotaciones, cuyos períodos de bombeo y producciones se relacionan a continuación en el cuadro núm. 16.



CUADRO Nº 16

Nº del inventario	Caudal máximo (l/seg)	Período de bombeo horas/día por semana/meses	Producción (m <sup>3</sup> /año)
32	25	Irregular	?
36	7	Irregular	?
38	25	13 <sup>3/4</sup> /5/11	295.000
39	31	12 <sup>3/4</sup> /5/11	339.000
40	9,2	7 <sup>1/2</sup> /6/12	78.000
42	0,6	9 <sup>1/4</sup> /7/11	7.000
43	17,5	3/4/6/12	15.000
44	6,0	1 <sup>3/4</sup> /3/12	6.000

La producción total es, pues, del orden de 750.000 m<sup>3</sup>/año.

## 5. HIDROQUIMICA

Se han tomado muestras de agua de la mayoría de los puntos visitados, realizando simultáneamente la determinación en el campo del pH, CO<sub>2</sub> libre, contenido en Cl y conductividad eléctrica; para evitar precipitaciones, un tercio de cada muestra se estabilizó con SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> y, en ocasiones, otro tercio se inhibió biológicamente con Cl<sub>2</sub>Mg.

En total se han realizado 32 análisis en el laboratorio, que corresponden a 9 manantiales (rezumes), 1 galería, 5 galerías-pozo y 14 pozos, cuyos resultados se recogen en el Cuadro núm. 17.

CUADRO Nº 17

### Características químicas del agua subterránea

Punto del inventario	Fecha 1973	Temperatura del agua °C	pH	Residuo seco a 110° en mg/l	S.A.R.	C.S.R.	Dureza total en ppm de CO <sub>3</sub> Ca	Iones en mg/l								
								Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>
F- 2	16.4	14,2	7,3	182	1,8	0,07	50	4,8	9,2	30,0	9,0	0,0	62,3	8,2	42,6	0,0
F- 3	25.4	10,9	7,8	255	1,0	0,00	104	22,4	11,7	29,0	3,9	0,0	116,0	10,1	49,7	0,0
F- 5	9.5	10,6	7,3	144	1,2	0,00	56	11,2	6,8	20,0	2,6	0,0	64,0	7,2	31,9	1,7
F- 6	9.5	10,7	7,5	215	1,6	0,00	76	14,4	9,7	32,0	3,8	0,0	79,3	10,0	49,7	0,0
F- 7	9.5	14,8	8,2	204	2,8	0,00	32	9,6	7,3	47,0	2,5	0,0	27,5	20,4	85,2	0,0
F- 9	9.5	14,6	7,7	202	2,7	0,60	40	6,4	5,8	39,0	4,8	0,0	85,4	9,5	35,5	1,5
F-11	1.5	11,7	7,4	219	1,4	0,00	94	4,8	20,0	32,0	3,1	0,0	67,0	7,5	74,6	3,0
P-14	30.4	20,2	7,6	4.366	14,1	0,00	1.076	99,4	201,4	1.067,5	44,0	0,0	128,0	306,2	2.087,4	1,5
P-15	13.4	20,2	8,9	3.114	15,2	0,00	620	44,9	123,5	870,0	50,0	0,0	228,8	244,5	1.448,0	2,0
P-15	30.4	21,0	7,9	3.066	14,3	0,00	672	41,7	13,8	856,0	49,0	24,0	174,0	257,2	1.448,4	2,2
P-16	13.4	21,4	8,0	2.510	7,3	0,00	878	64,1	174,6	500,0	27,0	10,8	222,1	142,0	1.132,0	0,0
P-17	30.4	20,0	8,0	2.824	7,0	0,00	1.076	48,1	232,5	531,9	26,0	24,0	204,4	163,8	1.278,0	0,0
P-18	20.5	18,8	8,0	-	14,3	0,00	460	36,9	89,5	705,0	45,5	12,0	143,4	212,4	1.049,6	0,9
P-22	17.4	23,2	7,7	9.326	22,9	0,00	2.160	152,3	432,9	2.450,0	137,0	0,0	1.390,0	713,0	4.206,7	0,0
P-23	11.5	23,2	7,2	10.700	24,8	0,00	2.384	168,3	477,6	2.782,5	120,0	0,0	1.379,0	765,6	4.540,4	0,0
G.P.-32	20.5	18,6	8,0	-	5,3	0,00	170	16,0	31,6	158,2	21,0	15,0	146,4	42,1	212,7	1,7
G.P.-33	17.5	22,4	8,1	1.095	7,9	0,59	218	14,4	44,2	267,7	40,0	27,0	247,1	99,2	347,9	1,0
G.P.-34	18.5	24,8	7,4	1.549	2,7	3,67	634	68,9	112,3	158,2	23,5	0,0	997,7	112,4	53,2	0,0
G.P.-35	11.5	30,2	8,2	1.796	16,6	5,62	214	4,8	49,1	560,2	43,5	0,0	543,0	263,8	507,6	3,8
P-36	13.5	24,5	7,4	2.735	7,8	7,95	780	48,1	160,5	502,5	40,0	0,0	1.376,0	232,1	342,5	0,0
P-38	10.5	20,9	7,9	872	6,7	0,47	224	6,4	50,6	232,0	23,5	15,0	271,5	88,5	280,4	4,3
P-39	9.5	19,0	8,2	1.132	8,8	0,00	25	27,2	44,7	321,5	27,0	12,0	119,0	91,8	525,4	6,4
P-40	1.5	18,4	8,0	-	9,3	0,00	241	25,6	43,0	341,5	36,5	0,0	143,4	83,6	496,4	4,6
P-41	14.4	15,6	8,4	258	2,8	1,34	60	8,0	9,7	50,0	12,0	24,0	106,2	10,8	28,4	2,0
P-41	14.5	18,4	8,3	308	2,3	0,98	86	11,2	14,1	50,0	12,0	12,0	140,4	14,4	35,5	3,5
P-42	1.5	23,0	7,6	975	5,4	0,00	284	28,8	51,5	210,2	22,0	3,0	241,0	59,6	340,8	4,2
G.P.-43	5.5	21,0	7,9	-	8,4	1,64	118	12,8	20,9	250,0	8,0	12,0	219,7	29,6	283,7	5,8
P-44	13.4	18,8	8,2	686	4,0	0,00	208	32,0	31,1	150,0	8,2	0,0	116,5	35,4	284,0	0,0
P-44	30.4	19,4	7,7	692	4,7	0,00	218	24,0	38,4	159,4	8,0	0,0	116,0	44,9	292,8	2,3
G-46	2.5	14,0	7,7	197	1,8	0,47	54	9,6	7,3	31,0	7,0	0,0	94,6	10,5	24,8	0,0
F-48	26.4	15,6	7,6	-	2,8	0,00	146	22,4	21,9	79,0	9,8	0,0	64,1	22,2	113,5	71,3
F-53	19.5	11,9	7,3	322	1,5	0,00	200	35,3	27,3	49,0	8,1	0,0	58,0	10,7	117,1	0,0



En la lámina HI-5 se representan los valores de la temperatura del agua y de la conductividad eléctrica a 20°C (valores de campo). En la parte alta, la temperatura es baja, entre 10°C y 15°C, algo menor o igual que la temperatura media anual, lo cual indica una probable rápida infiltración. La temperatura del agua subterránea crece hacia la costa donde alcanza valores entre 19° y 23°; la única anomalía térmica importante observada está en la galería-pozo GP-35, en el extremo occidental de la isla, donde se alcanzan los 30°C, y más moderada en los pozos P23\*, P36 y GP-34, también en el saliente occidental de la isla; en estos puntos se da también un elevado contenido en bicarbonatos (500 a 1.500 mg/l); posiblemente existen aportes de CO<sub>2</sub> residual de volcanismo reciente, lo cual puede explicar asimismo la anomalía térmica; en esos puntos anómalos, el contenido en CO<sub>2</sub> disuelto alcanza 40 mg/l.

La disposición de las curvas de igual conductividad es similar a las topográficas, con mínimos valores en la parte central de la isla, pasando desde unos 150 micromhos/cm. a más de 1.000 en la costa, con zonas en las que se rebasan los 2.000 micromhos/cm. No se tienen datos de las aguas del nivel de saturación en el centro de la isla.

En la lámina HI-6 se representa el contenido en ión cloruro, con valores inferiores a 50 mg/l en el centro, que crecen hacia la periferia donde se rebasan los 300 mg/l, alcanzándose valores muy elevados, superiores a 2.000, cuando existe contaminación marina.

En general, el ión nitrato está presente sólo en pequeñas cantidades y el ión Br está en cantidad inferior a 0,1 ppm.

En cuanto a los elementos menores, el hierro y el manganeso están prácticamente ausentes, así como existe total ausencia de Ni, Co y Cr; el Zn aparece esporádicamente en algunos pozos litorales, en cantidades inferiores a 0,1 ppm, y posiblemente procede del ataque a instalaciones de hierro galvanizado.

El Li aparece en cantidades inferiores a 0,02 ppm, excepto en los pozos anómalos próximos a Sabinosa (P23 y P30) donde se llega a 0,1 ppm. En las áreas costeras aparecen hasta 1 ppm de Sr, en proporción con el contenido en Ca. Según Fernández-Caldas y Pérez-García (1974), el contenido en flúor está entre 0,15 ppm en el centro y 0,80 ppm en la periferia y el boro está ausente.

En el gráfico HI-1 se indica la clasificación de las aguas desde el punto de vista agrícola.

Las aguas subterráneas son de calidad aceptable, salvo en la costa, donde con frecuencia la salinidad llega a veces a ser excesiva; existe una marcada tendencia a que en la periferia aparezca carbonato sódico residual, en especial en la península occidental. En principio se trata de aguas poco agresivas y poco incrustantes.

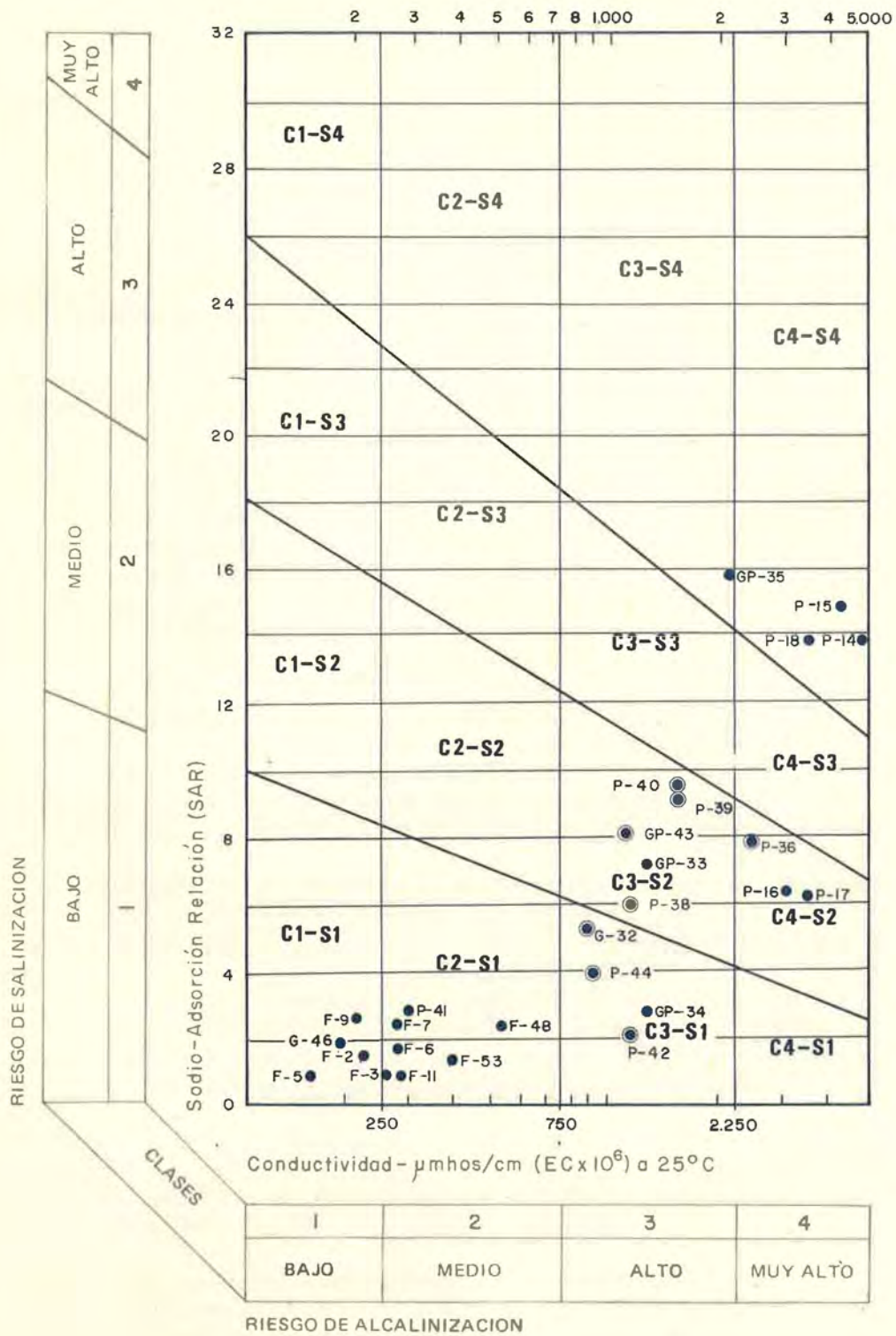
Las anteriores conclusiones deben considerarse preliminares, ya que la información sobre las características del nivel de saturación es muy limitada.

---

\* El P23, llamado Pozo de La Salud, es considerado localmente como de aguas minero-medicinales.



# CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS PARA EL RIEGO





## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- El estudio de los recursos hidráulicos de la isla de El Hierro, como el de las restantes islas menores, se ha llevado a cabo a nivel de reconocimiento, mediante recopilación y análisis de la abundante información disponible, termografía infrarroja, proceso de los datos hidrológicos, inventario detallado de todas las explotaciones existentes, (que comprende 14 fuentes o rezumes, 19 pozos costeros prácticamente en desuso, 9 pozos ordinarios, 6 galerías, 6 galerías-pozo y 20 sondeos de reconocimiento), cartografía geológica a escala 1:50.000, numerosas medidas de oscilación del nivel del agua subterránea con las mareas, varios bombeos y recuperaciones en los pozos en explotación, determinaciones "in situ" de temperatura, pH, CO<sub>2</sub> libre, Cl<sup>-</sup> y conductividad, 32 análisis químicos completos de puntos seleccionados y encuestas locales. A pesar de las limitaciones del estudio, se ha llegado a un adecuado conocimiento de la naturaleza, situación y posible aprovechamiento de los recursos hidráulicos y al establecimiento de un balance preliminar, que habrá de acotarse con más justeza en el futuro.
- En general, los materiales de la isla son bastante permeables, pudiéndose adoptar como primera aproximación los siguientes valores mínimos de los caudales específicos: Basaltos Antiguos, 30 m<sup>3</sup>/día/m; acuífero de El Golfo, 400 m<sup>3</sup>/día/m.
- La superficie piezométrica tiene pendientes muy suaves para lo que es habitual en el Archipiélago, y probablemente no exceden del 1 al 3 ‰, por lo que debe culminar a cotas del orden de 200 m. como máximo. En cualquier caso, se tiene todavía una información muy pobre sobre el nivel de saturación en el núcleo de la isla.
- Por la naturaleza permeable de los suelos y la inexistencia de una red hidrográfica desarrollada, los escasos recursos hidráulicos superficiales, estimados en unos 3 Hm<sup>3</sup>/año, resultan prácticamente inaprovechables.
- Los recursos anuales subterráneos se estiman en 21 Hm<sup>3</sup>, cifra muy superior al consumo futuro previsto. Sin embargo, conviene matizar estos conceptos, ya que se trata de un balance preliminar del conjunto de la isla, mientras que los consumos están muy localizados.
- El agua subterránea es de buena calidad, poco agresiva, con salinidad moderada, excepto en áreas costeras, y de temperaturas similares a la media anual de la atmósfera, salvo en el extremo occidental, donde aparecen algunas anomalías térmicas en aguas muy bicarbonatadas.
- La disposición de las isolíneas de conductividad y cloruros es similar a la de las curvas de nivel, con mínimos en la zona central de recarga. El sodio es el catión más abundante y, en general, predomina el magnesio sobre el calcio.



- Desde el punto de vista agrícola, la mayoría de las aguas actualmente explotadas pertenecen al grupo C3-S2, es decir, son aptas para el riego. Se exceptúan las del extremo occidental de la isla, en las que aparece carbonato sódico residual. El contenido en cloruros, que puede ser un factor limitante para determinados cultivos, está en relación con la distancia a la costa, la naturaleza del terreno y la cuantía de la recarga, factores que habrá que ponderar en la ubicación de nuevas captaciones.
- El consumo actual, agrícola y doméstico, es de unos 0,8 Hm<sup>3</sup>/año. Con el desarrollo previsto en el valle de El Golfo y zonas limítrofes, este consumo puede alcanzar los 6 Hm<sup>3</sup>/año si se ponen en cultivo unas 300 nuevas Has. en dicho valle. Dicha transformación, que tendría una indudable repercusión económica local, supone también una amenaza para la preservación del acuífero de El Golfo. En efecto, el bombeo necesario para su puesta en práctica sería del mismo orden de magnitud que la aportación subterránea estimada, lo que exigiría un proyecto cuidadoso de las captaciones y de su explotación, para evitar la intrusión de agua del mar.
- Al riesgo de intrusión se añade el de deterioro, como consecuencia del retorno y reciclaje del agua de riegos, que daría origen a una acumulación en el acuífero de sales y productos de abonado, efecto que podría duplicar en dos décadas la salinidad media del agua.

## 6.2. Recomendaciones

- Ampliar y mejorar la red hidrológica existente, especialmente la pluviométrica, instalando alguna estación meteorológica completa y proveyendo los medios para su explotación.
- Acondicionar como piezómetros algunos de los sondeos realizados por el Servicio Geológico de Obras Públicas, utilizándolos como elementos de observación futura de niveles y calidades del agua subterránea.
- Ejecutar varios sondeos profundos para investigar el nivel de saturación en el centro de la isla, la evolución de la interfaz en el valle de El Golfo y sus características hidrológicas, y proseguir esta investigación, si fuera positiva, mediante la ejecución de captaciones experimentales apropiadas.
- Aunque el aprovechamiento de los recursos superficiales es muy difícil, conviene efectuar labores de corrección de torrentes y aumentar la capacidad de almacenamiento actual, para lo que pueden servir de base los estudios ya realizados.
- Determinar los cultivos más interesantes en cada zona y orientar a los agricultores sobre este particular, a fin de evitar que las tierras se dediquen a cultivos de baja rentabilidad o grandes consumidores de agua.
- Evitar que se produzca una explotación anárquica de los recursos hídricos y tomar las medidas para una gestión comunitaria del agua.





Madrid, España 1975