
Planeamiento hidrogeológico

Dada la escasez de aguas superficiales (ver el Capítulo 3), Tenerife depende casi exclusivamente del agua subterránea tanto para cubrir sus necesidades de abastecimiento urbano como para mantener la agricultura, lo que hace que el planeamiento hidrogeológico sea uno de los aspectos esenciales del Plan.

Al contrario de otras islas, que optaron por el sistema de explotación por pozos, la abrupta orografía de Tenerife ha determinado que el tipo de captación imperante sea la **galería** horizontal de unos 2 x 2 metros de sección. Desde principios de siglo se han construido unas 1.050 galerías - algunas de hasta 6 km de longitud - que en total suman más de 1.600 kilómetros perforados, aunque muchas de ellas nunca fueron productivas o han quedado fuera de uso con el tiempo. Si a este entramado de captaciones horizontales se le superponen los más de 400 **pozos** verticales que se distribuyen por la franja litoral, el cuadro resultante revela que no hay porción de la isla que no cuente con alguna obra de extracción de agua subterránea (ver Plano 4.2).

La actual red de captaciones se ha construido por iniciativa estrictamente privada y ha modificado radicalmente la disponibilidad de agua de Tenerife; así, de los 700 l/s que aportaban los nacientes naturales en el siglo pasado se pasó a los más de 7.000 l/s con que se contaba mediada la década de los sesenta (ver Figura 4.1). Este salto cuantitativo ha tenido consecuencias cualitativas muy trascendentes, favoreciendo el desarrollo agrícola, turístico e industrial, con el efecto de multiplicar el número y la renta per cápita de los habitantes que encuentran sustento en la Isla. Sin embargo, adaptada la situación socioeconómica a este elevado suministro de agua, se hace imperativo mantenerlo en el futuro, lo cual no está exento de problemas.

La infiltración que alimenta el acuífero¹ no es capaz de compensar lo que de él extraen las captaciones, de modo que el volumen de agua drenado durante décadas de explotación ha provocado el vaciado parcial de las reservas hídricas del subsuelo, cuya peculiar configuración resulta muy favorable para la lenta acumulación de una cantidad extraordinaria de aguas subterráneas. Pero estas reservas no son inagotables y en las dos últimas décadas se han venido manifestando síntomas alarmantes, como la tenden-

¹ Aunque en términos relativos la infiltración sea elevada, su valor absoluto es reducido al serlo también el de la pluviometría.



cia a la disminución del caudal total extraído (a pesar de que las galerías siguen avanzando y aumenta el número de pozos) o el empeoramiento de la calidad del agua.

Ante esta situación de deterioro gradual de los recursos subterráneos, el Plan Hidrológico ha llevado a cabo, en una primera fase, las siguientes investigaciones de carácter general:

- Mejora en el conocimiento del subsuelo, concediendo particular atención a los factores geológicos que, a gran escala, controlan el flujo, la acumulación y la calidad de las aguas subterráneas.
- Estudio de la evolución histórica de la superficie freática para conocer el volumen de reservas consumido y determinar las áreas sometidas a mayor explotación.
- Zonificación de la Isla según el diferente conocimiento hidrogeológico de los terrenos y las variaciones en el grado y tipo de explotación.
- Síntesis e informatización de los datos hidroquímicos del conjunto de captaciones.
- Realización de un modelo matemático de simulación para cuantificar el flujo de agua subterránea en cada zona y poder pronosticar las tendencias evolutivas del sistema hidráulico insular.

El análisis consiguiente, del subsistema físico natural en relación con el de obras de captación, ha dado paso a un pronóstico de la explotación esperada hasta final de siglo, con expresión cuantitativa, cualitativa y territorial de la evolución prevista de los aprovechamientos.

El estudio del proceso jurídico-administrativo acaecido hasta alcanzar la situación actual, la valoración realizada sobre la gestión del sistema y un planteamiento de búsqueda de alternativas al actual modelo han llevado a que el PHI plantee una opción única: **la gestión es y debe seguir siendo eminentemente privada**. Los propios titulares legítimos de los aprovechamientos, impregnados como hasta ahora por los principios de austeridad y eficacia, son los mejores valedores del sistema actual; su libertad de actuación sólo se debe ver limitada, de acuerdo con la legalidad vigente y cumplimentando las condiciones de su correspondiente autorización o concesión, por la no afeción a otros aprovechamientos próximos y de que globalmente no se realice una explotación excesiva del área en que esté enclavada la captación. Pero la "protección cautelar" para no afectar induce por lo general una explotación menos eficiente en términos físicos, además de la evidente pérdida de economías de escalas, por lo que desde el PHI se promueve la **fusión o asociación** de los aprovechamientos que concurran o quieran concurrir en una misma área territorial.

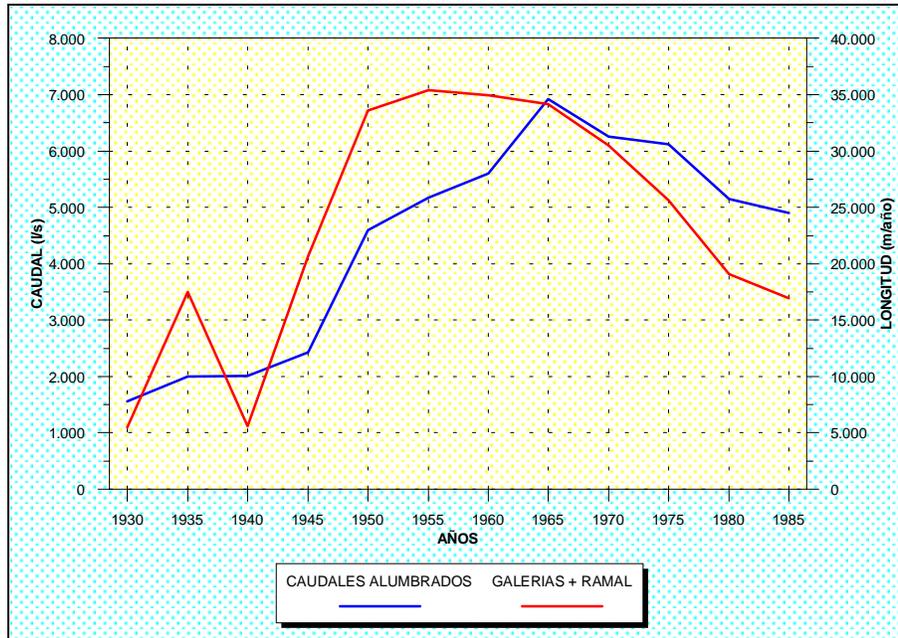


Figura 4.1. Evolución de las longitudes perforadas y los caudales alumbrados

No se prevén obras de captación de nueva traza, salvo unos pocos pozos a realizar en áreas escasamente explotadas y que en su mayoría se contemplan como inversiones públicas. La densidad de captaciones es ya excesiva y la prolongación o ampliación de las existentes es más ventajosa y suficiente para un óptimo aprovechamiento del sistema. El pronóstico para el año 2000 de extracciones anuales por sectores hidrogeológicos tiene también el carácter de objetivo de producción: si se supera deberá mantenerse un seguimiento del entorno más inmediato para verificar que no se ha acentuado su sobreexplotación física; si no se alcanza se plantearán problemas de suministro a los usuarios salvo que se desarrollen otras alternativas de producción



4.1

Objetivos específicos

En base al actual nivel de conocimiento del sistema acuífero insular y al ámbito temporal de este Plan, se han planteado los objetivos específicos siguientes:

- a. Disponer de una información detallada de:
 - las características de las obras de captación (tipología, situación, geometría),
 - su explotación (régimen de caudales extraídos), y
 - su gestión (titularidad de los aprovechamientos).
- b. Profundizar en el conocimiento físico del sistema hidrogeológico insular:
 - características hidrogeológicas e hidroquímicas de los acuíferos,
 - evaluación de la recarga (infiltración natural y retorno de riegos),
 - cuantificación de las salidas,
 - dinámica de la circulación interna, y
 - tendencia evolutiva del sistema.
- c. Evaluar los recursos subterráneos explotables a corto y medio plazo, tanto en lo que se refiere a su volumen como a su calidad.
- d. Detectar las áreas con mayor sobreexplotación física o con signos de contaminación hidroquímica (natural, por intrusión marina o por adición de sustancias ajenas a procesos naturales).
- e. Establecer una zonificación del sistema hidrogeológico que permita caracterizarlo y diagnosticarlo territorialmente².
- f. Establecer objetivos de extracción conjunta (volumen anual) para cada unidad territorial básica³ delimitada en la zonificación del sistema.
- g. Diseñar estrategias de explotación para cada zona básica en función del diagnóstico realizado de la misma.

² Se contemplan los niveles decrecientes de: zona, subzona, sector, subsector y área.

³ A nivel de "sector" o "subsector" hidrogeológicos.



- h. Promover la asociación, fusión o federación de las explotaciones que concurren en una misma área, como medio para lograr una gestión integrada de la misma, consiguiendo un mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos y una reducción de costes.
- i. Incentivar el mantenimiento de la gestión e inversiones privadas, evitando la afección entre captaciones no agrupadas y promoviendo una mayor eficiencia (física y económica) de los métodos de explotación.
- j. Estudiar la viabilidad de nuevas obras de captación e incluir en el plan de inversiones aquellas que deban ser acometidas por la Administración.
- k. Establecer un programa de actuaciones de la Administración con objeto de optimizar la gestión del sistema, detallando los instrumentos para llevarlo a cabo.

4.2

Información básica

Los datos de base disponibles son de dos tipos:

- a. físicos, que aportan información sobre las características del medio natural y de las obras realmente ejecutadas,
- b. administrativos, que se extraen de la documentación administrativa e iluminan cuestiones relativas a la gestión.

4.2.1. Datos físicos

La principal fuente de información ha sido los inventarios de puntos de agua llevados a cabo en 1972-74, 1978-79 y 1985-86. El primero de ellos, realizado dentro del Proyecto SPA-15, es el que contiene la mayor parte de la información geológica e hidrogeológica que ha servido como soporte a todos los estudios posteriores, incluido este Plan. Pero desde el momento de ese inventario las galerías han seguido avanzando (en ocasiones hasta 2 - 3 km) y los alumbramientos actuales se encuentran en circunstancias geológicas e hidrogeológicas distintas a las registradas en las fichas del SPA-15. La puesta al día de esta información resulta esencial para conocer y gestionar más eficazmente el sistema hidráulico insular.



4.2.1.1. Geohidrología

En su estudio se ha seguido la siguiente secuencia:

- Análisis de la geología de superficie.
- Inspección directa del subsuelo.

El reconocimiento del subsuelo, basado en la visita de unas cuarenta galerías y en la reinterpretación de las fichas del Proyecto SPA-15, ha confirmado la heterogeneidad a pequeña escala de los materiales que constituyen una isla volcánica como Tenerife, heterogeneidad admitida en todas las investigaciones anteriores. El punto esencial del trabajo ha consistido, no obstante, en detectar la presencia de estructuras de gran magnitud que compartimentan el subsuelo insular, induciendo una anisotropía y una heterogeneidad de gran escala que condicionan el flujo y la acumulación de agua subterránea. El nuevo modelo conceptual hidrogeológico, más complejo que los anteriores, explica mejor las diferencias reales que encuentran las captaciones al perforar en las diferentes áreas, y ha pasado a ser uno de los elementos básicos en que se apoya la zonificación hidrogeológica insular establecida con el Plan.

4.2.1.2. Traza de las obras

Los datos contenidos en los inventarios se han actualizado con la información aportada por:

- a. los Directores Técnicos de las obras,
- b. los técnicos de la Administración que tienen encomendada la función de inspeccionarlas, y
- c. las propias Comunidades de aguas.

4.2.1.3. Historia de las captaciones

Un detallado estudio de la evolución de **las galerías** a lo largo del tiempo ha permitido reconstruir la historia de sus longitudes y caudales, desde que se iniciaron las perforaciones (mediados del siglo XIX) hasta 1985 (último inventario sistemático). La explotación actual (1991) se ha evaluado en base a una muestra de las 170 más productivas, que representan el 60% de la extracción total por ese medio.

No ha habido tiempo para estudiar en profundidad la **franja litoral**, explotada esencialmente por pozos y sobre la que hay escasa información, pero esta deficiencia tiene escasa repercusión en el análisis de la parte central del edificio insular, donde se localiza la mayor parte de las reservas hídricas.

4.2.1.4. Superficie freática



Se ha reconstruido la geometría de la superficie freática en momentos históricos distintos:

- antes de iniciarse la extracción de agua subterránea (superficie freática original),
- al comenzar las obras de extracción (superficie freática inicial), y
- al cierre del último inventario general sistemático de 1985 (superficie freática actual).

También se han reproducido las isopiezas de

- 1973 (SPA-15), con los datos del inventario de ese año.

El método utilizado ha consistido en localizar en las trazas de las captaciones (en planta y en alzado) el primer punto en que se intersecta el acuífero profundo. Las captaciones secas, confrontadas con el cuadro hidrogeológico general, han servido para acotar las isopiezas.

4.2.1.5. Hidroquímica

Inicialmente se hizo una recopilación, clasificación y síntesis de todos los análisis de agua disponibles de las captaciones subterráneas. Se desarrolló una aplicación para el tratamiento de estos datos, su actualización y la calificación de cada muestra analizada. Se detectaron errores, carencias y deficiencias de información, así como las lagunas territoriales y temporales más patentes.

En una segunda fase se muestreó y analizó la casi totalidad de las galerías y pozos cuyos datos eran escasos, dudosos o desactualizados. Ya con una información más homogénea, completa y fiable, se han elaborado mapas de isolíneas de los iones principales.

4.2.1.6. Tratamiento de la información

La masa de información citada se ha mecanizado, procesando y relacionando las diversas bases de datos, cuyo manejo y transporte entre ordenadores personales está totalmente normalizado.

- **La base CASB** de datos hidrogeológicos contiene:
 - El catálogo de las 1.768 obras de captación existentes, su situación, tipología y características principales.
 - Las trazas de 1.047 galerías y ramales derivados, sus poligonales y su altimetría.
 - La historia de perforaciones y caudales alumbrados por cada obra (1.022 galerías, 309 pozos y 284 manantiales), referidos a los años 1973, 1979 y 1985.
- **La base DHQ** de datos hidroquímicos contiene:



- La información de 2.300 análisis , con especificación de la procedencia de la muestra, datos físico-químicos de campo, resultados de laboratorio y su calificación (potabilidad, aptitud para el riego y parámetros geohidroquímicos).

La instrumentación del procesamiento precedente se ha logrado a partir de aplicaciones gráficas, modelos digitales de la topografía e isopiezas, y «CAD-CAM».

4.2.2. Datos administrativos

Su fuente son los libros de registro y el archivo de expedientes del Servicio Hidráulico provincial.

Estos expedientes (ver Figura 4.2) pueden clasificarse, según el objeto de los mismos, en:

- de obra nueva (ON)
- de continuación (CO)
- de legalización (LG)
- de legalización y continuación (LC)

Los principales datos administrativos extraídos de ellos son:

- Peticionario o instigador del expediente
- Titular de la obra
- Características geométricas (longitud y rumbo) de las obras autorizadas
- Fecha de inicio de la tramitación
- Fecha de la autorización
- Fecha de terminación

Aunque de menor interés para este estudio, además de los anteriores grupos de expedientes también se han establecido y analizado otros: de denuncia (DN), aforo (AF) y varios (VA).

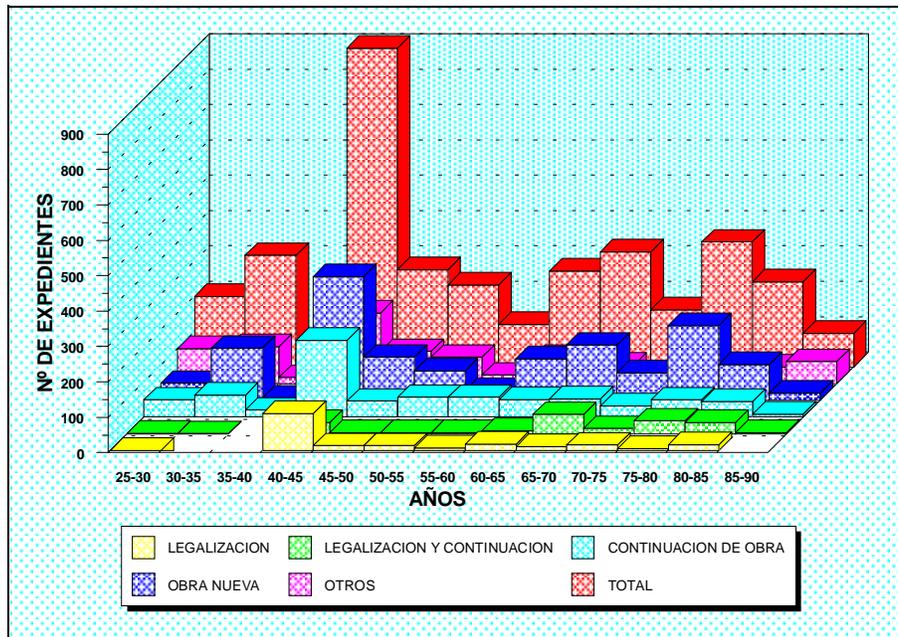


Figura 4.2. Expedientes administrativos sobre alumbramientos de aguas subterráneas tramitados entre 1925 y 1990

Tras resolverse la autorización para la ejecución de las obras solicitadas, el contenido documental de los expedientes sólo se enriquece con las solicitudes de prórrogas (habitualmente los trabajos de perforación no concluyen en el plazo inicialmente establecido), denuncias en relación con esa obra (frecuentes en la época de mayor actividad del sector) y visitas por técnicos de la Administración para intervenir sobre alguna incidencia.

El tratamiento mecanizado de esta información ha permitido relacionar los datos de cada expediente con la obra correspondiente (en cada obra concurren por lo general varios expedientes).



4.3

Sistema hidrogeológico insular

4.3.1. Naturaleza geológica del subsuelo

4.3.1.1. Heterogeneidad de los terrenos

Si hay algo que caracterice el subsuelo de una isla volcánica como Tenerife es su extraordinaria heterogeneidad, que es la responsable directa de la irregularidad con que se verifica la circulación del agua subterránea.

Las heterogeneidades más patentes son las de **pequeña escala**, como las que encuentra una misma galería durante su avance a través de la zona saturada; en donde, de manera alternante, se puede pasar de un tramo completamente seco a otro con fuerte caudal y flujo generalizado de agua en techo, repisa y hastiales. Estas variaciones se deben a diferencias en el grado de permeabilidad de los elementos litológicos individuales que componen el subsuelo. Así, en distancias cortas, coexisten tipos de roca que carecen de huecos interconectados (como diques enteros, lavas muy compactas, brechas de matriz arcillosa, etc) junto a otros elementos muy porosos y permeables (como diques fracturados, zonas escoriáceas sin compactar, etc). Casi como principio general puede afirmarse que las diferencias mencionadas son mayores en los terrenos jóvenes que en los antiguos, pues éstos han experimentado una alteración y compactación que atenúa los contrastes de porosidad, al mismo tiempo (y por la misma razón) que la permeabilidad tiende a ser menor cuanto más antiguo es un terreno.

A **gran escala** - es decir, si consideramos la Isla globalmente - la heterogeneidad persiste pero por otras causas, y es bien conocido que ciertas áreas tienen gran productividad mientras que otras adyacentes sólo proporcionan caudales exigüos. Esta heterogeneidad de gran escala, más difícil de percibir, se debe a que los elementos que integran el subsuelo (terrenos jóvenes o viejos, diques, brechas de gran potencia, etc) no están distribuidos al azar sino que se organizan según ciertas pautas que reflejan las vicisitudes del lento proceso de construcción de la Isla. A este tipo de heterogeneidades hacen referencia los próximos apartados.

4.3.1.2. Unidades hidrogeológicas

El crecimiento del relieve se ha realizado por acumulación progresiva de materiales (lavas, piroclastos, etc.), pero la actividad volcánica que los ha generado no ha sido ni constante ni idéntica a lo largo de la historia geológica conocida, antes bien, ha experimentado fluctuaciones de intensidad y cambios en la composición de los productos emitidos. Todo ello ha dado lugar a la existencia de **unidades estratigráficas** que difieren en composición, edad y grado de alteración y compactación, de modo que se comportan diversamente ante el flujo del agua subterránea (ver Figura 4.3); por esto, y aun-



que con limitaciones, pueden ser consideradas como grandes **unidades hidrogeológicas**.

La disposición de estas unidades en el interior del bloque insular - superpuestas y suavemente inclinadas hacia el mar en cada vertiente - permite, como primera aproximación, concebir un **modelo en capas** de permeabilidad decreciente hacia abajo (ver el esquema 1HG de la figura 4.4), si bien no todas ellas son internamente homogéneas ni tampoco se extienden a la totalidad del ámbito de la Isla.

De más antigua a más moderna, estas unidades son:

- **Serie I** (Anaga y Teno)
- **Serie II**
- **Serie Cañadas**
- **Series Modernas**

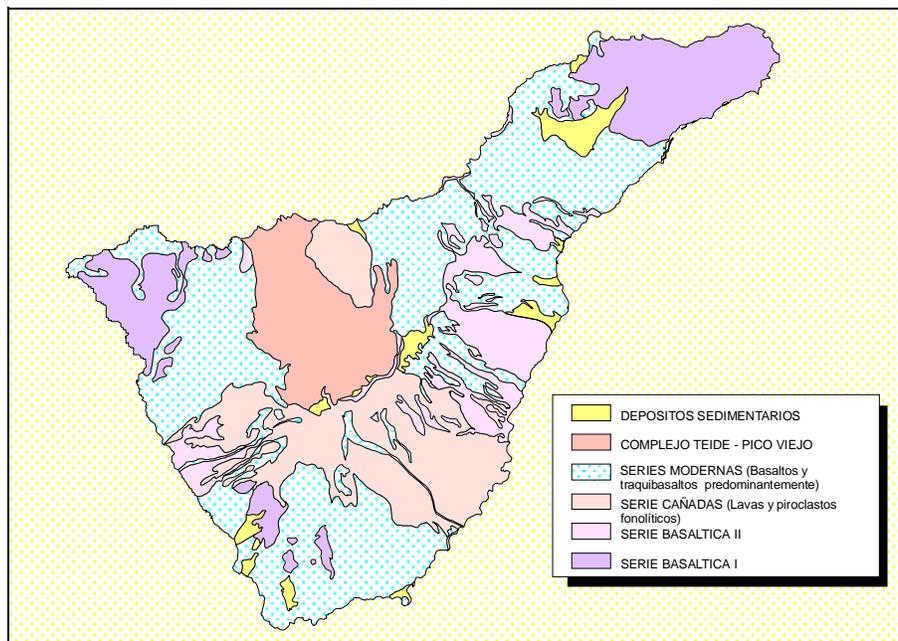


Figura 4.3. Geología simplificada

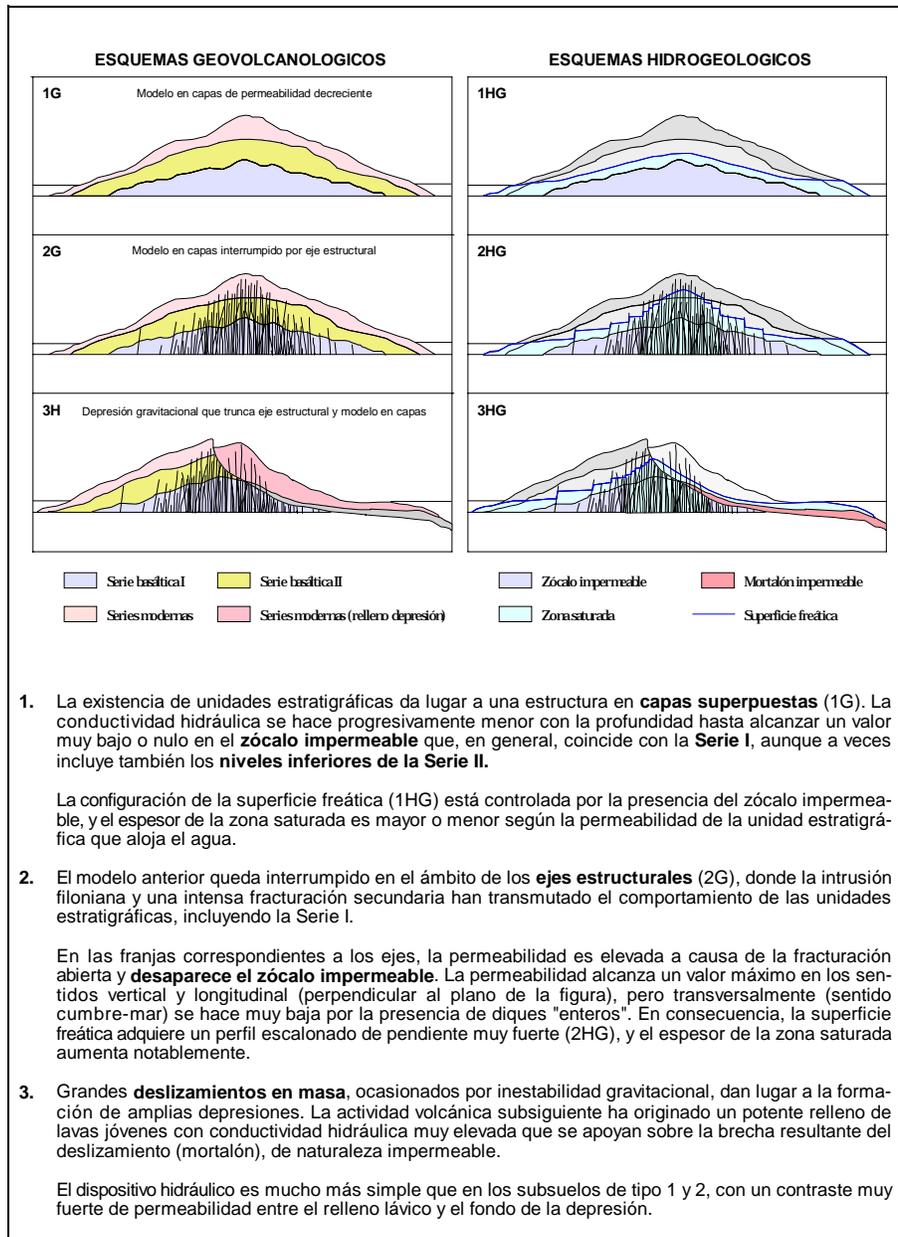


Figura 4.4. Configuración esquemática de los subsuelos de Tenerife



Se omite deliberadamente su descripción en este documento por suponerla conocida⁴ y porque desviaría la atención de los elementos siguientes, que son quienes verdaderamente condicionan el funcionamiento hidrodinámico del sistema.

4.3.1.3. Ejes estructurales

El ascenso y la emisión de magma se ha verificado predominantemente a través de tres franjas que atraviesan verticalmente el bloque insular; son conocidas como **ejes estructurales**, convergen en el centro de la Isla con ángulos de unos 120º y coinciden con las dorsales topográficas (ver Figura 4.5).

Estas franjas, de unos 4-6 km de anchura, se manifiestan en superficie por ser zonas de concentración de aparatos volcánicos, mientras que en el subsuelo están conformadas por una densa malla de diques a la que se asocia una fracturación intensa. Tanto la intrusión filoniana como la fracturación secundaria han transmutado las características originales de la roca de caja, y el comportamiento hidrogeológico de conjunto pasa a tener una personalidad absolutamente peculiar, sin equivalente en otro tipo de terrenos.

De acuerdo con la intensidad de los cambios operados, es conveniente distinguir varios dominios verticales dentro de cada eje: a) **núcleo** y b) **márgenes**. El paso de uno a otro no es un plano bien definido sino un tránsito gradual (ver el esquema 2HG de la figura 4.4.).

- a. En la **franja central**, con intrusión filoniana máxima, la **fracturación secundaria abierta** induce una permeabilidad fisural que atenúa las diferencias originales de comportamiento entre las diversas unidades estratigráficas.

La mayor permeabilidad está vinculada a las **grandes fisuras abiertas** y a los **diques fracturados**, que actúan como vías de drenaje rápido; ambos son subverticales y de dirección más o menos coincidente con la general del eje. También existe una **microfracturación generalizada** que aumenta el coeficiente de almacenamiento. La agregación de fisuras abiertas, diques rotos y microfracturas contribuye a establecer una intercomunicación vertical en el dominio del núcleo.

Sin embargo, no todos los diques han sido afectados por la fracturación secundaria. Muchos de ellos conservan un carácter "entero" y se comportan como elementos de permeabilidad baja o muy baja, por lo que actúan como barreras o semibarreras que dificultan el flujo transversal del agua subterránea.

⁴ Véase los textos "clásicos" de geología de Tenerife o la documentación básica del PHI en que se describen con suficiente detalle.



Tanto los diques como las fracturas crean un medio anisótropo al poseer una direccionalidad preferencial (paralela a la directriz general del eje en que se encuentran). El flujo longitudinal del agua subterránea encuentra pocos obstáculos, pero en sentido transversal, por el contrario, la difusividad del acuífero se reduce considerablemente. Las consecuencias de este hecho son notables:

1. la superficie freática queda sobreelevada y aumenta el espesor de la zona saturada,
 2. el perfil transversal de aquella se hace escalonado, con una pendiente media muy superior a la que corresponde a la permeabilidad de la roca de caja, y
 3. al hacer estimaciones globales de los parámetros hidrogeológicos, se encuentran permeabilidades muy bajas y coeficientes de almacenamiento altos.
- b. En los **márgenes**, la intrusión filoniana disminuye rápidamente en densidad y la fracturación secundaria se hace más esporádica. Los diques, aunque menos numerosos que en el núcleo, pueden actuar en su mayoría como barreras que retrasan el flujo transversal (cumbre-mar) del agua subterránea, de modo que la superficie freática adquiere una sobreelevación considerable y el gradiente hidráulico se hace mucho mayor que el que corresponde a la permeabilidad intrínseca de las unidades estratigráficas. A diferencia del núcleo la difusividad longitudinal y vertical del acuífero se reduce considerablemente a causa de la menor fracturación secundaria.

4.3.1.4. Depresiones de deslizamiento

Finalmente, la regularidad morfológica de la superficie insular está truncada por tres grandes **depresiones de deslizamiento** (ver Figura 4.5) cuyo fondo, inclinado hacia el mar, queda limitado por escarpadas paredes (valles de La Orotava, Güímar y Las Cañadas-Icod). Aun cuando la formación de las depresiones no es sincrónica, su origen obedece a las mismas causas: gigantescos deslizamientos en masa ocasionados por la inestabilidad de relieves que han crecido excesivamente en altura.

Aunque casi todo el material deslizado se derramó sobre el talud

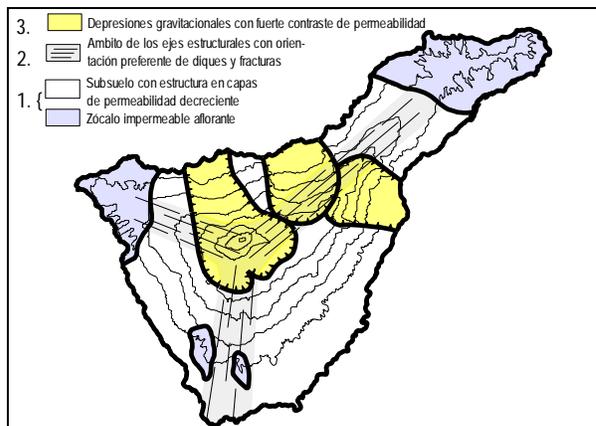


Figura 4.5. Distribución de los elementos estructurales



submarino, una fracción de él ha quedado retenida en el fondo de cada depresión, constituyendo un depósito brechoide muy potente e impermeable, al que se denomina **mortalón** en la terminología local. Sobre él se disponen importantes rellenos de lavas recientes de elevadísima permeabilidad, las cuales han sido extruídas en las fases de intenso volcanismo que, como consecuencia de la súbita disminución de presión litostática, han sucedido a la formación de estas cubetas.

El dispositivo hidráulico de estas depresiones (ver el esquema 3HG de la figura 4.4) es bastante simple, formado por:

1. un basamento impermeable ("mortalón"), de superficie suavemente inclinada hacia el mar e irregular en detalle, y
2. un relleno de lavas de conductividad hidráulica muy elevada, en el que se instala la zona saturada.

Prescindiendo de algún eventual acuífero colgado, el agua de infiltración no puede ser retenida por las lavas del relleno y circula rápidamente hasta la superficie del mortalón, en donde comienza a fluir hacia el mar adaptándose más o menos a las irregularidades de aquella.

Algo diversa puede ser, sin embargo, la situación en la **región de cabecera**. En efecto, la creación de la cubeta no significa que los ejes estructurales dejen de canalizar el ascenso del magma, y de hecho se producen nuevas erupciones alimentadas por diques. La pantalla filoniana que así se establece ejerce un efecto de freno o barrera sobre el flujo cumbre-mar del agua subterránea, lo que se traduce en una sobreelevación de la superficie freática y, por consiguiente, en un incremento del espesor saturado.

4.3.2. La zona saturada

Las aguas subterráneas de Tenerife conforman un sistema hidráulico extraordinariamente complejo. Prescindiendo de algunos acuíferos colgados, que se encuentran muy cerca de la superficie topográfica y deben su presencia a la momentánea detención de las aguas de infiltración sobre horizontes poco o nada permeables, la gran masa de las reservas hídricas se encuentra en una **zona saturada general**, comprendida entre dos superficies irregulares:

- a. La **superficie freática** (real o virtual), que establece el límite superior del sistema y reproduce, a grandes rasgos, la topografía de la Isla; su altura es máxima en el área de Las Cañadas y desde ahí desciende gradualmente hasta alcanzar la cota 0 en la franja litoral.
- b. El **zócalo impermeable**, que es el límite inferior del sistema, por debajo del cual ya no hay reservas hídricas significativas; al contrario que la superficie freática, está fuertemente controlado por la geología.



4.3.2.1. Superficie freática

Su **forma** tiende a adaptarse a la topografía aunque más suavemente que ésta; en detalle, tiene irregularidades entre las que destacan:

- a. un **perfil escalonado** impuesto por los diques,
- b. una **pendiente media** anormalmente **fuerte** (10-15°), y
- c. un gran entrante o **depresión** en la franja correspondiente al **valle de Icod-La Guancha**. La **culminación** de tal domo hídrico está situada en el **área de Las Cañadas** a unos **2.000 m** de cota.

La **geometría** en un momento dado puede ser reconstruida con precisión a causa del gran número de captaciones que la intersectan. La trascendencia de este tipo de reconstrucciones reside en dos aspectos:

- Comparando la situación actual con las precedentes puede establecerse el **volumen de terreno drenado** a lo largo del tiempo, lo que orienta sobre la **evolución del estado de las reservas**.
- Establecido el volumen de terreno drenado en el determinado período, y conocido también el volumen de agua extraído por las galerías en el mismo lapso de tiempo, se obtienen informaciones esenciales sobre algunos **parámetros hidrogeológicos** del medio físico y sobre el **funcionamiento del sistema** hidráulico, con lo que pueden hacerse **predicciones** sobre zonas en que existe un nivel de conocimiento menor.

4.3.2.2. Zócalo impermeable.

No está constituido por una unidad estratigráfica definida y su presencia depende no sólo de la naturaleza intrínseca de las rocas sino también de su estado de alteración y compactación. Estos factores, unidos a que en la actualidad sólo es intersectado por un número relativamente escaso de galerías, hacen que conocer su geometría resulte más problemático que la de la superficie freática. Se sabe que:

- **Fuera de los ejes estructurales** coincide, en general, con los niveles inferiores de la **Serie I**, pero a ella pueden agregarse, en ciertas zonas, otras unidades.
- **En las depresiones de deslizamiento** está conformado por el **mortalón**, que, en las porciones media y baja de estas cubetas puede tener una potencia de algunos centenares de metros.
- **En el ámbito de los ejes estructurales** no hay, aparentemente, zócalo impermeable por encima del nivel del mar. La razón de ello estriba en que la **fracturación**



abierta afecta no sólo a los niveles medios y altos de la secuencia estratigráfica sino también a la Serie I.

La **determinación precisa de la geometría** del zócalo impermeable es esencial para la cuantificación de las reservas hídricas y para poder determinar la vida útil de un gran número de galerías.

4.3.3. Obras de captación de agua subterránea

4.3.3.1. Tipos de captaciones

La explotación generalizada de los recursos subterráneos ha estado centrada tradicionalmente en la perforación de **galerías y pozos**, con gran predominio de las primeras sobre los segundos.

Los tipos de galerías existentes en Tenerife, su número, longitud, caudal y volumen anual extraído se resumen en el siguiente cuadro (Inventario de 1985):

TABLA 4.1. GALERIAS EXISTENTES EN TENERIFE				
TIPO	Número	Longitud (km)	Q (l/s)	Anual (hm ³)
Galerías - naciente	336	78	220	7
Galerías convencionales	494	1.490	4.900	155
Socavones	208	47	-	-
Galerías - pozo	9	6	40	1
TOTAL	1.047	1.621	5.160	163

- **Galerías - naciente.** Son el tipo más primitivo de captación. En su mayor parte se han perforado en áreas donde existían nacientes naturales con objeto de mejorar el rendimiento de éstos. El agua drenada no procede de las reservas, sino de acuíferos colgados cercanos a la superficie topográfica, por lo que su caudal fluctúa con los cambios climáticos.
- **Galerías convencionales.** Son perforaciones profundas que drenan o han drenado aguas de la zona saturada general; su longitud es de 3 km por término medio, pero hay bastantes que superan los 5 km; de ellas proviene la mayor parte del agua disponible (71%).



El alumbramiento de agua tiene lugar cuando el frente de avance intersecta la superficie freática en el ámbito de terrenos permeables (lo que puede suceder "de capa" o detrás de un dique). Como la recarga natural del sistema (infiltración) es insuficiente para compensar las extracciones, la superficie freática tiende a retroceder gradualmente y es necesario seguir reperforando para mantener el volumen de extracción. El final de la vida útil de una obra de este tipo puede llegar por dos causas:

1. la captación queda colgada por encima de la zona saturada, cuando otras obras situadas a cota inferior provocan el abatimiento local de la superficie freática (es el caso de numerosas galerías de la Dorsal NE), o
 2. la captación ha atravesado todo el espesor saturado alcanzando el zócalo impermeable, de modo que ya no se puede reperforar y el caudal comienza a decrecer logarítmicamente.
- **Socavones.** Son galerías de corta longitud (algunos centenares de metros) que nunca han dado agua y en las que no se proyecta continuar la perforación.
 - **Galerías-pozo.** Son obras de pequeña longitud (500 m) que para aprovechar las aguas alumbradas requieren de elevación por bombeo, ya que son captadas (mediante pozo de gran diámetro o zanja longitudinal) a menor cota que su bocamina.

Los tipos de pozos existentes en Tenerife, su número, profundidad, caudal medio y volumen anual extraído, están resumidos en el siguiente cuadro (Inventario de 1985):

TABLA 4.2. POZOS EXISTENTES EN TENERIFE				
TIPO	Número	Profundidad (km)	Qm (l/s)	Extracción (hm ³ /año)
Pozos ordinarios	120	1,7	10	0
Pozos convencionales	286	40,5	1.200	38
Pozos - sondeo	31	9,5	350	11
TOTAL	437	51,7	1.560	49

- **Pozos ordinarios.** Son perforaciones verticales de una decena escasa de metros que alcanzan el nivel saturado en la misma línea de costa, o bien explotan algún acuífero colgado sedimentario, caso de la Vega de La Laguna.



- **Pozos convencionales.** Se caracterizan por un diámetro grande, de unos 3 metros, y por el sistema tradicional de perforación vertical empleado. Los productivos, que son más de cien, casi duplican la profundidad media de 100 m, y aprovechan unos 350.000 m³ de volumen anual. La amplitud de su sección transversal permite realizar galerías horizontales de fondo en el contacto con la zona saturada; éstas aumentan la superficie drenante e inducen una depresión menor del nivel para un mismo caudal de bombeo, lo cual atenúa la posible intrusión marina.
- **Pozos-sondeo.** Son perforaciones mecánicas (sondeos) de hasta 700 mm de diámetro que por lo general se entuban casi hasta el fondo; en su interior se dispone la bomba vertical sumergible y la tubería de impulsión. Su profundidad media es de 300 m, y los productivos extraen actualmente casi 600.000 m³/año/pozo. Su rapidez de ejecución y menor coste tienen como contrapartida la imposibilidad de realizar galerías de fondo para mejorar su rendimiento.

El régimen de bombeo de los pozos es muy desigual, variando según las zonas y las estaciones para adaptarse a las oscilaciones de la demanda de agua y a las restricciones energético-económicas.

Las figuras 4.12 y 4.13 (que se pueden ver más adelante, en el epígrafe 4.5.4) muestran la distribución por sectores hidrogeológicos del número total de obras, el total de obras con alumbramiento, y las extracciones, para los años 1985 y 2000 (previsión del PHI).

4.3.3.2. Proceso histórico

El uso del agua subterránea en la Isla comenzó con el aprovechamiento de las surgencias naturales o manantiales y con la extracción realizada en los pozos ordinarios. A mediados del siglo pasado el caudal aportado por los manantiales era de unos 700 l/s; estas surgencias se producían:

- a. de pequeños acuíferos colgados (400 l/s),
- b. como consecuencia del contacto de la zona saturada general con la superficie topográfica (150 l/s), o
- c. en forma de fuentes en los escarpes costeros (150 l/s).

Desde ese momento hasta la actualidad, es posible establecer en el desarrollo de las obras de captación las cinco etapas siguientes (ver Figuras 4.6, 4.7 y 4.8):

- **1ª Etapa (1850 - 1910).** Comienza la perforación de galerías en los puntos en que es más clara la evidencia de aguas subterráneas, es decir, en las áreas en que ya existen manantiales naturales; de este modo se abren el 90% de las galerías-nacientes, muchas de las cuales continúan alumbrando agua en la actualidad. Asimismo, se inicia la construcción de algunas galerías convencionales. En esta fase inicial, la zona



saturada general permanece prácticamente intacta y la explotación se limita casi exclusivamente al aprovechamiento de acuíferos colgados.

- **2ª Etapa (1910 - 1930).** Las galerías convencionales comienzan a ser productivas, intensificándose su perforación en ambas vertientes de la Dorsal NE y en el Valle de La Orotava. Con la extracción comienzan a producirse los primeros abatimientos de la superficie freática, si bien son de escasa magnitud y carácter local.

- **3ª Etapa (1930 - 1945).** Un número importante de las galerías iniciadas en la etapa anterior conectan con el acuífero profundo de la Dorsal NE y del valle de La Orotava; en el resto de la Isla las captaciones son muy escasas. En las áreas en que existe mayor concentración de galerías (Dorsal NE) la caída de nivel llega a sobrepasar los 100 m.

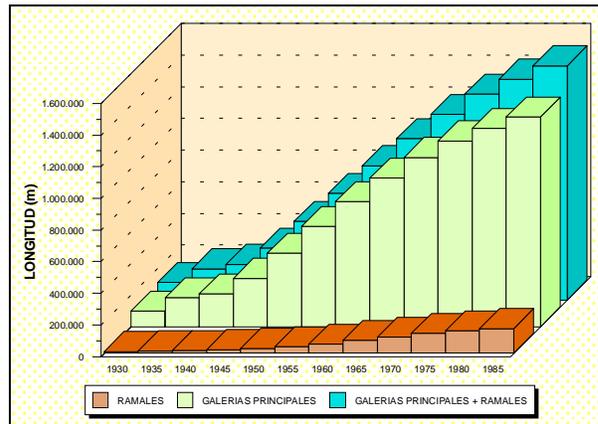


Figura 4.6. Evolución de las longitudes perforadas por las galerías convencionales

- **4ª Etapa (1945-1965).** Se generaliza en toda la Isla la explotación de aguas subterráneas por medio de galerías, con lo que al final de este período ya habían sido abiertas el 90% de las que existen en la actualidad. Continúa el abatimiento de la superficie freática y empiezan a quedar obras colgadas (secas) sobre la zona saturada.

- **5ª Etapa (1965 - 1985).** La extracción de aguas subterráneas por medio de galerías alcanza el techo de su producción en el comienzo del período, y a partir de ese momento se inicia la disminución paulatina, pero ininterrumpida, de la producción total por este medio. En esta etapa, y sin considerar los pozos ordinarios (cuya construcción se inició en el siglo XV), se comienza y desarrolla la construcción y ex-

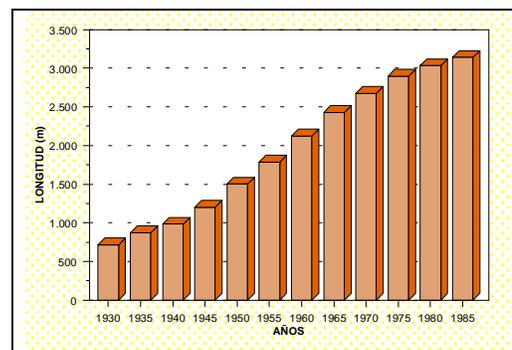


Figura 4.7. Longitud media de las galerías con agua



plotación de pozos; en la primera década los de tipo convencional y en la segunda los de sondeo, preferentemente.

En la actualidad, la elevada densidad de la red de galerías y los notables descensos en la productividad han determinado que no se soliciten concesiones para nuevas obras, siendo la tendencia general la de reperforar únicamente aquellas que mantienen buenas expectativas, así como tratar de promover la fusión entre comunidades cercanas. Por lo que respecta a los pozos, aunque ha disminuido sensiblemente el número de solicitudes, éstas continúan produciéndose para obras tipo pozo-sondeo.

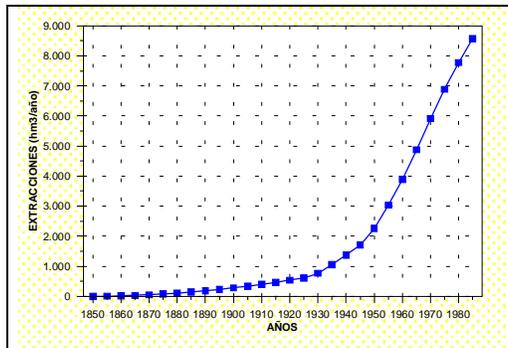


Figura 4.8. Extracciones acumuladas obtenidas

4.3.4. Marco jurídico - administrativo

El marco en que se ha desarrollado la actividad de aprovechamiento de las aguas subterráneas canarias ha cambiado de forma notable desde sus inicios, pudiendo establecerse tres periodos distintos.

4.3.4.1. Etapa inicial

Caracterizada por la aplicación de las disposiciones generales de ámbito nacional

- **Ley de Aguas de 13 de junio de 1879**
- **Real Orden, de 5 de junio de 1883, por la que se aprueba la instrucción para la tramitación de expedientes de alumbramiento de aguas subterráneas.**

Dentro del espíritu liberal que inspiró esta normativa conviene destacar los siguientes aspectos:

- Se establecen los derechos del subsuelo.
- Se fija que "Cuando se buscare el alumbramiento de aguas subterráneas,..., el que hallare o hiciere surgir a la superficie del terreno será dueño de ellas a perpetuidad ...".



- Se establece una distancia mínima de 100 m con respecto a los alumbramientos preexistentes.

Algunas implicaciones en Tenerife de la aplicación de estas disposiciones fueron:

- Lo exiguo de la distancia entre las obras provocó la afección entre los aprovechamientos.
- La documentación requerida para acompañar la solicitud era costosa, esencialmente la misma para terrenos de dominio público y de dominio privado, y su tramitación resultaba lenta y compleja.

4.3.4.2. Etapa de normativa especial para Canarias

De hecho se inicia con la

- ***Real Orden, de 27 de noviembre de 1924, dando disposiciones encaminadas a evitar que, tanto con los trabajos mineros en las Islas Canarias, como con la ejecución de las obras de alumbramiento de aguas en terrenos particulares, pueda perjudicarse el caudal de aprovechamientos que vienen efectuándose al amparo de la Ley de Aguas.***

a la que suceden otras disposiciones menos trascendentes⁵ hasta la:

- ***Ley, de 27 de diciembre de 1956, sobre heredamientos de aguas del archipiélago canario.***

Por dicha ley se le reconoce personalidad jurídica a aquellas agrupaciones de propietarios de aguas privadas que con el nombre de "Heredades", "Heredamientos de aguas", "Dulas", "Acequias", "Comunidades" u otras, vienen constituidas en el Archipiélago Canario.

⁵ Decreto de 21 de diciembre de 1933, sobre cooperación del Estado en las obras de abastecimiento de aguas en Canarias.

Decreto de 1 de diciembre de 1933, disponiendo que en las islas Canarias no se podrán aplicar los preceptos de los artículos 23, párrafo segundo, y 24 de la Ley de Aguas y la Real Orden de 27 de noviembre de 1924, en beneficio o defensa de aprovechamiento de aguas pluviales que discurran discontinuamente por los barrancos, arroyos o acequias de uso eventual.

Decreto de 8 de diciembre de 1933, declarando aplicables a las islas Canarias la ley de Obras Hidráulicas de 7 de julio de 1911 y otras disposiciones.

Decreto de 1 de julio de 1955, por el que se dictan normas sobre utilización de aguas alumbradas con destino a riego en Canarias.



Finalmente, el cambio iniciado con la R.O. de 1924 culmina en las disposiciones:

- ***Ley 59/1962, de 24 de diciembre, sobre aprovechamientos de aguas y auxilios a los mismos en Canarias.***
- ***Decreto 43/1965, de 14 de enero, por el que se aprueba el Reglamento para ejecución de la ley 59/1962.***

Aspectos destacables de esta nueva normativa son:

- Se reglamenta, con concreción y simplicidad, la documentación necesaria y la tramitación de autorizaciones para investigar y aprovechar aguas subterráneas en terrenos particulares.
- La distancia de 100 m, que con carácter general fijaba la Ley de Aguas de 1883 para poder realizar obras de alumbramiento de aguas privadas, puede ser incrementada en la medida que se determine la zona real de influencia, según resulte de los informes técnicos pertinentes.
- Se crean estímulos a la iniciativa privada para invertir en el aprovechamiento de aguas en forma de ayudas y subvenciones económicas, pero con la condición de "adscribir el agua a la tierra".

Sus principales implicaciones en la isla de Tenerife fueron:

- Contribuye a que se desarrolle con vigor la perforación de obras de captación de aguas subterráneas en terrenos de titularidad privada, lo que repercute en otros sectores de la economía insular.
- Aumentan los conflictos entre aprovechamientos preexistentes, lo que se refleja en el aumento del número de expedientes de denuncia.
- El Servicio Hidráulico Provincial, en base a informes técnicos específicos, establece la práctica administrativa de elevar a 1 km la distancia cautelar de separación entre obras de captación.
- La iniciativa privada no se acoge al régimen de auxilios económicos, pues la adscripción del agua a la tierra es inflexible e inadecuada para conseguir una mayor eficiencia en la aplicación y utilización del agua.

La captación de aguas subterráneas en terrenos de dominio público, que en principio tenían la consideración de públicas por derechos del subsuelo, seguía rigiéndose en todo momento por la Ley nacional de 1879.



4.3.4.3. Etapa reciente

Se inicia de hecho con la

- **Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas Nacional,**

que, con gran polémica en el Archipiélago, impone la declaración de dominio público de las aguas subterráneas no alumbradas, a pesar de haberse transferido la competencia en materia de aguas a la Comunidad Autónoma. Posteriormente el Tribunal Constitucional confirmará la validez jurídica de tal declaración.

Siguiendo el nuevo talante de la legislación nacional, el Gobierno de Canarias del momento dicta el

- **Decreto 135/1986, de 12 de septiembre, sobre Normas Provisionales de Actuación Administrativa en materia de captaciones de aguas subterráneas,**

que paraliza por el plazo de un año toda actividad extractiva que requiera algún trámite administrativo.

En la misma línea, el Parlamento de Canarias aprueba la

- **Ley 10/1987, de 5 de mayo, de Aguas de Canarias,**

que, tras la constitución de una nueva mayoría de gobierno en la Comunidad Autónoma, tiene su réplica en la

- **Ley 14/1987, de 29 de diciembre, de Modificación de la disposición final tercera de la Ley 10/1987, de 5 de mayo, de Aguas,**

que viene a suspender la entrada en vigor de la ley que modifica.

La sucesión de estas disposiciones produce desconcierto y retraimiento en los inversores.

Finalmente, tras cinco años de divergencias políticas sobre este tema se llega a un amplio consenso con la nueva

- **Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias.**

y un primer desarrollo normativo con las disposiciones siguientes:



- **Decreto 152/1990, de 31 de julio, Normas Provisionales reguladoras del Régimen de Explotación y Aprovechamiento del dominio público hidráulico.**
- **Decreto 177/1990, de 5 de septiembre, Normas de Inscripción en el Registro de Aguas.**
- **Decreto 186/1990, de 5 de septiembre, Normas de Aforos y Controles Técnicos de aprovechamientos hidráulicos.**

Esta nueva normativa ha tenido inicialmente una amplia aceptación social, pero las repercusiones de su aplicación aún no pueden valorarse por su corta vigencia.

4.3.5. Zonificación hidrogeológica

Diferencias acusadas en volúmenes de infiltración, parámetros y comportamiento hidrogeológicos, posición o existencia del zócalo impermeable, volúmenes de reserva disponibles y grado de conocimiento, han llevado a considerar la Isla como un mosaico de **zonas**.

Otras diferencias menos sutiles - razones de gestión y estrategias de explotación - han llevado a su vez a establecer divisiones dentro de las zonas; así se han definido **subzonas, sectores y subsectores**. La orientación de los correspondientes límites se alinea preferentemente en dirección transversal (cumbre-mar) para las subzonas y subsectores, y es sensiblemente paralela a la costa para los sectores. Como resultado se establecen 8 zonas, 7 subzonas, 38 sectores y 7 subsectores, representados en el mapa de **zonificación hidrogeológica** (ver Plano 4.1 y Fig. 4.9).

A continuación se resumen las características de cada zona, con un análisis somero de su situación hidrogeológica y una prognosis de su evolución.

ZONA I

Se corresponde con el escarpado macizo de Teno (ver Plano 4.3), formado mayoritariamente por materiales basálticos antiguos, escasamente permeables.

En la porción septentrional (**Sector 101**), la plataforma costera (llamada Isla Baja) es de permeabilidad muy elevada y escasa anchura, por lo que los pozos están casi inutilizados al quedar muy expuestos a la intrusión marina. La región montañosa (**Sector 102**) está explotada por galerías convencionales de las que sólo una decena superan los 1.500 m de longitud; su rendimiento es bajo y la calidad del agua mala. En ninguna de ellas se ha reperforado durante los últimos años, y la tendencia a la disminución de caudal (50 l/s entre 1973 y 1985) se mantendrá en el futuro. Las galerías-nacientes, que drenan pequeños acuíferos colgados o aguas de infiltración directa, producen unos 12 l/s que tenderán a mantenerse.



En definitiva, la explotación de aguas subterráneas no es favorable en esta zona, pero existe la posibilidad de captar la escorrentía superficial mediante un sistema de tomaderos y pequeñas presas.

ZONA II

Se extiende entre los relieves de Teno y el área de Las Cañadas, y está centrada en torno a la Dorsal NO (ver Plano 4.3), que es un eje estructural con intensa actividad volcánica reciente. La topografía, de formas suaves interrumpidas en la vertiente norte por el acantilado costero, condiciona fuertemente la distribución y longitud de las galerías, que sólo pueden ganar montera con perforaciones muy prolongadas.

Las captaciones del sector de cumbres (**Sector 203**), ámbito del eje estructural, llegan a superar los cinco kilómetros. Sin embargo, la mitad más próxima a Las Cañadas apenas ha sido tocada y representa un volumen de reservas de considerable magnitud. Salvo en áreas de excesiva concentración de galerías, la superficie freática no ha sufrido un abatimiento considerable, y es casi la original en la mitad más próxima a Las Cañadas.

En la vertiente norte (**Sector 202**) la situación hidrogeológica que encuentran las captaciones es heterogénea y está condicionada por la presencia de un zócalo de baja permeabilidad. Cerca del acantilado de Icod, la productividad, que nunca fue alta, ahora es insignificante; en la parte central y occidental, por el contrario, las galerías han encontrado una vaguada llena de materiales jóvenes con gran capacidad de almacenamiento, por lo que el rendimiento obtenido es excelente (hasta 100 l/s en ciertas captaciones). En el futuro, a medida que las perforaciones vayan alcanzando el zócalo impermeable, la única posibilidad de alumbrar nuevas aguas radicarán en llegar al subsuelo de la Dorsal. Otros recursos de la vertiente (unos 30 l/s) proceden de las galerías-naciente; finalmente, los pozos costeros están afectados en general por la intrusión salina.

En la vertiente sur (**Sector 204**) las perforaciones se distribuyen en una red poco densa y alcanzan longitudes comprendidas entre 3 y 4 km. Durante su avance han obtenido rendimientos de hasta 100 l/s, pero una gran parte de ellas ha alcanzado ya el zócalo impermeable; la producción de 1985, que fue de 200 l/s, tenderá a disminuir en el futuro. En la franja litoral (**Sector 205**) el caudal total bombeado (unos 170 l/s en 1985) podría mantenerse, aunque existe el riesgo de que el fuerte aumento de la demanda lleve a intensificar las extracciones, lo que repercutiría en un empeoramiento de la calidad del agua.

Como característica general del área de cumbre y de la vertiente sur conviene resaltar la mala calidad de las aguas. La actividad volcánica induce un fuerte aporte de CO₂ que hace más agresivas las aguas e incrementa el porcentaje de sales disueltas.



ZONA III

Comprende la depresión de Las Cañadas - ocupada en su interior por los grandes estratovolcanes Teide y Pico Viejo - y su valle de salida hacia el Norte (ver Plano 4.3). La investigación directa de las galerías demuestra que Las Cañadas es una cubeta abierta hacia el mar, donde desagua a través del profundo valle subterráneo de Icod-La Guancha.

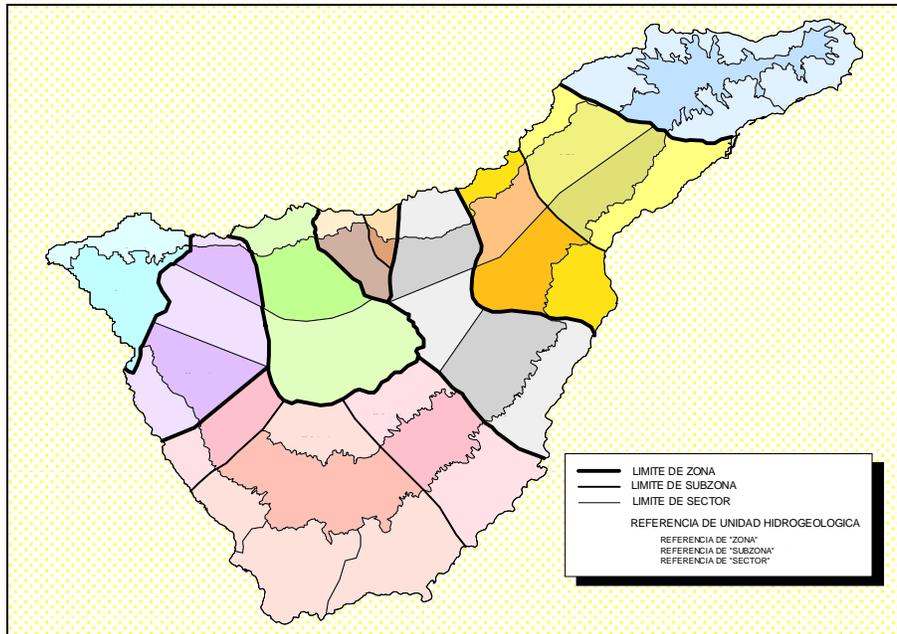
El fondo de este valle y el vaso de la depresión están constituidos por materiales que, aún perteneciendo a unidades geológicas muy diversas, tienen el común denominador de estar muy compactados y alterados, comportándose como un zócalo de permeabilidad muy baja o nula. Por el contrario, las lavas jóvenes que rellenan la cubeta poseen elevada permeabilidad y notable capacidad de almacenamiento. La depresión se ve influenciada, sin embargo, por la presencia de los ejes estructurales, los cuales confluyen aproximadamente bajo el Complejo Teide-Pico Viejo; estas estructuras rompen la estanqueidad de la cubeta en dirección NE y NO, posibilitando el trasvase de agua entre el interior del anfiteatro y el subsuelo de ambas dorsales. Por el contrario, la pantalla filoniana que corta el relleno de lavas jóvenes ejerce un efecto de barrera que obstaculiza el flujo en sentido cumbre-mar, por lo que la superficie freática queda sobreelevada dentro de la depresión y adquiere un perfil escalonado en el tránsito hacia el valle de salida.

El techo de la zona saturada se localiza a poca profundidad bajo la superficie topográfica de Las Cañadas; sus cotas mínimas son de 1.600 m cerca de El Portillo y 1.800 m en las proximidades de Boca de Tauce. El límite inferior del acuífero coincide con el fondo de la cubeta y su geometría se conoce, de modo aproximado, en base a la información aportada por las galerías y por criterios geomorfológicos. Hasta hace tres o cuatro años sólo drenaban este reservorio (**Sector 303**) un par de captaciones, que extraían un caudal sostenido de unos 400 l/s sin necesidad de reperforar. En la actualidad otras tres perforaciones lo han intersectado avanzando desde la periferia del anfiteatro (zonas IV y VI), y otras cuatro o cinco más progresan a buen ritmo. No es fácil predecir el volumen total que van a drenar todas ellas, pero en cualquier caso será elevado; este sector, que se perfila como el más importante del futuro, debe ser conocido con precisión suficiente para poder racionalizar su explotación, cuyo inconveniente más grave es la mala calidad del agua.

En el valle de salida (**Sectores 302 y 301**), las galerías y pozos captan, fundamentalmente, el agua que rebosa o se filtra a través de la pantalla filoniana múltiple, sin afectar las reservas del anfiteatro. En su franja oriental, la densa red de galerías ha llegado ya al basamento impermeable; sus caudales sumaban en 1985 unos 200 l/s, y la evolución regresiva observada en los últimos años se acentuará cuando entre en explotación intensiva el reservorio del anfiteatro. En la franja occidental, las cuatro captaciones existentes, que suman 80-90 l/s, son difíciles de investigar por la presencia de gases, pero su situación debe ser similar a la oriental. Finalmente, en la franja central, que es donde el relleno del valle alcanza mayor espesor, las galerías no han intersectado todavía el acuífero a pesar de su gran longitud (hasta 6 km).



En la banda costera, los pozos emboquillados a cotas altas extraen aguas de mala calidad (bicarbonatadas y fluoradas), mientras que los bajos añaden a estos componentes los cloruros procedentes de la intrusión marina, por lo que apenas están explotados.



. Zonificación hidrogeológica de Tenerife

Corresponde al amplio sector de círculo comprendido entre el anfiteatro de Las Cañadas por el norte y el mar por el sur (ver Plano 4.4). Esta Zona se subdivide en tres subzonas: 41, 42 y 43.

La **Subzona 42** es el dominio del eje estructural sur. En la porción central (**Sector 422**) los alumbramientos tienden a ser bastante persistentes, y los caudales obtenidos están directamente relacionados con la litología. Está perforada por un número relativamente escaso de galerías que, salvo excepciones, no superan los 3 km de longitud. El rendimiento de las captaciones es muy variable (entre unos pocos l/s hasta 70 ó 75 l/s).



En el área de cumbres (**Sector 421**) las galerías nacientes aportan un caudal medio de unos 10 l/s. En la plataforma costera (**Sector 423 - Subsectores 42A, 42B y 42C**), formada en su mayor parte por lavas jóvenes muy permeables, existe una gran densidad de pozos, los cuales se caracterizan, en su conjunto, por extraer aguas de mala calidad. Los problemas de calidad se relacionan con procesos de intrusión marina y con emanaciones de origen magmático profundo, dada la juventud del volcanismo.

En el futuro no es previsible que se produzcan cambios notables en el volumen global drenado de esta subzona. La recarga procedente de aguas meteóricas parece ser más importante que en las subzonas contiguas, y cabe la posibilidad de que exista un cierto aporte subterráneo procedente de Las Cañadas.

En la **Subzona 41**, la mayor parte de las galerías está ubicada en el ángulo NO, siendo la concentración de obras anormalmente alta, lo que ha provocado un considerable abatimiento de la superficie freática. Actualmente, la mayor parte de las perforaciones se encuentra cerca del zócalo impermeable o lo han alcanzado ya. La única posibilidad de aumentar el rendimiento es, como algunas captaciones han hecho ya, llegar al reservorio de Las Cañadas. La franja litoral (**Sector 422**) está explotada mediante pozos de construcción reciente, los cuales extraen algunas decenas de l/s; éstos probablemente incrementarán su caudal en el futuro, ante la fuerte demanda impuesta por el turismo en el área.

En la **Subzona 43** las galerías existentes son muy escasas y dispersas. Los mayores caudales (hasta 7 l/s) fueron alumbrados en el borde oriental. En la actualidad ha sido consumida la mayor parte de las reservas y la producción total es baja (en 1985 rondaba los 100 l/s). El escaso rendimiento y las dificultades de perforación han determinado que muchas captaciones hayan dejado de avanzar, por lo que continuará la disminución gradual de los caudales. En el sector de cumbres existen algunos acuíferos colgados que proporcionan un caudal medio de unos 8 l/s.

El área costera (**Sector 433**) está explotada por pozos distribuidos en una malla relativamente poco densa, con rendimientos moderados que previsiblemente aumentarán en el futuro.

ZONA V

Corresponde al **macizo de Tigaiga**, gran bloque tabular que sobresale topográficamente sobre la depresión de Las Cañadas y los valles de La Orotava e Icod-La Guancha (ver Plano 4.3). Está constituido, esencialmente, por lavas de permeabilidad y coeficiente de almacenamiento muy bajos, las cuales se apoyan en un mortalón impermeable. Se trata, por tanto, de un islote de baja conductividad hidráulica situado en medio de terrenos jóvenes mucho más permeables. Posteriormente a la formación del valle de La Orotava y a su recubrimiento con materiales modernos, se produjo el deslizamiento de



una parte de la pared oriental, generándose un limitado y somero mortalón impermeable que separa **dos acuíferos superpuestos (Subzona 52)**.

Sorprendentemente, y siendo un área que nunca ha dado caudales importantes, presenta una elevada concentración de galerías convencionales, aunque muchas de ellas se desvían para ir a buscar los terrenos más productivos de los valles adyacentes. Casi todas las perforaciones del macizo propiamente dicho ya alcanzaron hace años el basamento impermeable, y sólo extraen en la actualidad una media de 2-3 l/s, con un caudal total de algo más de 100 l/s, que tenderá a disminuir gradualmente en el futuro.

La pared que se alza sobre el valle de La Orotava tiene una elevada densidad de galerías-naciente que drenan algo más de 20 l/s, los cuales proceden de acuíferos colgados (**Sector 522**). Este último se continúa, en la parte baja del valle de La Orotava, en un área perforada por numerosas galerías de reducida longitud que captan aguas suspendidas sobre el mortalón mencionado anteriormente (**Sector 521**); el caudal total extraído está disminuyendo, pues ha pasado de 250 l/s en 1973 a 150 l/s en 1985.

Finalmente, la explotación por pozos es insignificante a causa de la disposición del relieve, que termina bruscamente en el mar con un acantilado de algunos centenares de metros de altura.

ZONA VI

Abarca, junto con la VII, la Dorsal NE (ver Plano 4.5); la separación entre ambas ha sido hecha en función de diferencias en el grado de explotación y no por el funcionamiento hidrodinámico.

La franja de cumbres (**Sector 603**) pertenece al dominio del eje estructural NE, con subsuelos muy fracturados y densa malla de diques. La permeabilidad es alta en sentido longitudinal y vertical, pero en sentido transversal está obstaculizada por la pantalla múltiple de diques enteros, que induce una fuerte pendiente escalonada de la superficie freática y ha permitido una acumulación de reservas enorme. Este sector está siendo drenado por galerías procedentes de ambas vertientes, pero queda una franja central que todavía no ha sido alcanzada. Tiene una excelente producción (700 l/s en 1985), aunque amenazada por el paulatino descenso de la superficie freática, que ya ha dejado colgadas (secas) algunas galerías.

La vertiente sur (**Sector 604**) ya no está afectada por la gran permeabilidad secundaria del sector de cumbres, pero tiene una densa red de diques transversales al flujo que sobreelevan la zona saturada. Las galerías han drenado ya un volumen importante de reservas y extraen caudales inferiores a los de períodos precedentes, a lo que hay que sumar una manifiesta tendencia al empeoramiento de la calidad del agua por ser un área de fuerte ascenso de CO₂ relacionado con el volcanismo histórico (erupción de Siete Fuentes, 1704), que también induce una elevada anomalía térmica. Esta última unida a las emanaciones de CO₂, ocasiona que las perforaciones más profundas avan-



cen con gran dificultad. La franja litoral (**Sector 605**) tiene una red de pozos poco densa que está convenientemente alejada del mar; la explotación apenas ha comenzado y es posible que en el futuro aumente el número de captaciones y el caudal total extraído para compensar la pérdida de producción experimentada por las galerías altas.

La vertiente septentrional corresponde en su totalidad al Valle de La Orotava (**Sectores 602 y 601**), estructura simple definida por lavas jóvenes muy permeables que se apoyan sobre el mortalón estanco. El acuífero, apenas obstaculizado por diques, permite el flujo rápido del agua hacia el mar sobre la superficie irregular del mortalón que no puede ser atravesado por las galerías a causa de su plasticidad y espesor. Hace ya un par de decenios que casi todas las perforaciones alcanzaron este zócalo, agotando así la posibilidad de obtener nuevos alumbramientos. El caudal total extraído ha mermao mucho y esta tendencia proseguirá a medida que se abata el nivel freático en el sector central de cumbres cuyos reboses son los que lo alimentan parcialmente. La franja costera está explotada por una apretada red de pozos que todavía admite alguna nueva captación; para evitar la intrusión marina es esencial que el régimen de bombeo se mantenga dentro de los límites admisibles por la recarga.

ZONA VII

Tiene una estructura geológica y un funcionamiento hidrodinámico muy similar a la zona VI. Está centrada en torno a la Dorsal NE (ver Plano 4.6), cuyo subsuelo posee los rasgos de un eje estructural, lo que condiciona la geometría del acuífero y la circulación del agua subterránea. La presencia al SO del valle de Güímar, el suave declive del eje hacia el NE y el diferente grado de explotación de las reservas entre las regiones occidental y oriental de esta zona, marcan la diferencia entre sus **dos subzonas (71 y 72)**.

Los cuatro **sectores de cumbres (711, 712, 721 y 722)** completan una franja con buena permeabilidad en sentido vertical y longitudinal (NE); en sentido cumbre-mar, sin embargo, el flujo del agua está obstaculizado por diques enteros que, al igual que en la zona VI, sobreelevan el acuífero, le dan un perfil transversal escalonado y han permitido la acumulación de un extraordinario volumen de reservas.

La escarpada topografía de la zona es particularmente apta para la ejecución de galerías, que desde ambas vertientes pueden alcanzar la divisoria geográfica de aguas con pocos kilómetros de perforación (incluso menos de 3). Esto ha dado lugar a una excesiva proliferación de captaciones, que han extraído un volumen colosal de agua en lo que va de siglo, reduciendo alarmantemente las reservas. El abatimiento de la superficie freática ha dejado en seco las galerías situadas a cotas altas y medias, y las únicas que van a seguir siendo productivas a medio plazo son las emboquilladas por debajo de los 500-600 m. Cuando el nivel descienda por debajo del zócalo que confina ambos lados de la faja productiva central, la alimentación de los acuíferos costeros (**Sectores 711, 714, 721, 724**) quedará reducida exclusivamente a la recarga meteórica que se produzca en las regiones de medianías.



ZONA VIII

Se circunscribe a la península de Anaga (ver Plano 4.7), formada por materiales antiguos muy erosionados, compactados y alterados. La permeabilidad del conjunto es baja, favoreciendo la escorrentía superficial que, o bien se pierde directamente en el mar, o alimenta algunos acuíferos establecidos en la parte baja de ciertos barrancos.

La parte montañosa (**Sector 802**) está explotada por una decena de galerías relativamente largas, que extraían en 1985 unos 15 l/s, y por más de medio centenar de galerías-naciente que producían casi 40 l/s. La plataforma comprendida entre Valle Guerra y Punta del Hidalgo (**Subsector 811**), ganada al mar por lavas recientes muy permeables, está explotada por una densa red de pozos situados cerca de la costa; las extracciones llegaron a superar los 200 l/s, pero han descendido al empeorar la calidad. Los pozos de la vertiente sur (**Subsector 813**) también han llegado a bombear caudales semejantes, pero en la actualidad extraen un volumen de agua mucho menor.

4.4

Diagnóstico hidrogeológico insular

La situación general de las aguas subterráneas en la Isla está definida actualmente por una lenta pero constante disminución del caudal total extraído y por un paulatino deterioro de la calidad del agua.

La disminución de caudales es muy patente en **las galerías**, que de un caudal total de unos 7.000 l/s a mediados de los años sesenta se ha pasado a menos de 5.000 en la actualidad. Este decremento se debe a la conjunción de diversos factores, entre los que destacan:

- a. Ya han sido drenados los subsuelos más productivos y ahora se avanza en terrenos con menor capacidad de almacenamiento y más difíciles de reperforar.
- b. La recarga útil⁶ por infiltración es inferior a las extracciones, por lo que éstas se consiguen a base de consumir (en mayor o menor grado) reservas y abatir progresivamente la superficie freática; el efecto inmediato es la reducción de caudal de los alumbramientos, que alcanza, salvo excepciones, a dejar secas las galerías más altas, de modo que el número de galerías productivas es cada vez menor.

⁶ Descontando a la recarga natural más retornos de riego el flujo neto cedido a las zonas contiguas de menor cota.



- c. La reperforación para seguir manteniendo la cobertera saturada, a fin de sostener el caudal del alumbramiento, sólo difiere en el tiempo el efecto anterior, hasta que se da alguna de las condiciones siguientes:
- se alcanza la otra vertiente de la zona saturada,
 - se llega a un basamento de muy baja permeabilidad (zócalo impermeable),
 - dificultades de técnica minera para proseguir los trabajos que hacen inviable la continuación de labores (gases, temperatura, costes excesivos),
 - problemas jurídico-administrativos (autorizaciones, proximidad a otros alumbramientos, etc.).

El empeoramiento de la calidad del agua obtenida por las galerías se debe a que con la reprofundización y con la exploración de nuevas áreas se están drenando terrenos afectados por volcanismo joven, donde ha tenido lugar un fuerte ascenso de CO₂, que disuelto en el agua la hace agresiva, con capacidad para disolver minerales de las rocas. Estas aguas, cargadas de bicarbonatos alcalinos y alcalinotérreos (predominantemente sódicos y magnésicos), no son adecuadas para su empleo en bruto en la mayoría de los usos generales. Por ello, una vez alumbradas y vistas sus características, inicialmente se abandonaban o mantenían en el lugar de alumbramiento sin aprovechar; pero la creciente demanda ha hecho necesario usarlas, mezcladas con otras no mineralizadas, e incluso, ahora es rentable asumir el coste adicional de su desalación.

Ante este panorama de las galerías, la tendencia en los últimos años ha estado orientada a aumentar la explotación mediante **pozos costeros**, que, al contrario que las galerías, en lugar de consumir reservas⁷ interceptan la descarga natural hacia el mar y sólo consumen recursos. Sin embargo, y a pesar de que muchos pozos superan los 400 m de profundidad, están relativamente próximos a la línea de costa (una imposición de la acusada orografía) y en lavas permeables. Estas circunstancias físicas, unido a que por la creciente demanda se intensifican los regímenes de bombeo, llevan a que se favorezca la intrusión de agua de mar; su mezcla subterránea empeora la calidad del agua extraída por los pozos inductores, pudiéndose llegar al extremo de inutilizarlos. Por otra parte, ya es tan alta la densidad de la red de pozos en toda la periferia insular que, la solución al decremento de los caudales de las galerías, no puede provenir sólo de un aumento de este tipo de explotaciones.

La situación extractiva general de la Isla, con un sistema de pozos y galerías cuyo número ha alcanzado prácticamente la saturación (ver Plano 4.2), no es grave pero sí manifiesta una clara tendencia al deterioro, que está induciendo al PHI a proponer medidas que resuelvan o mitiguen los problemas futuros. Tales medidas buscan obtener caudales de procedencia variada y, sobre todo, tratan de desactivar el actual proceso de

⁷ El consumo de reservas sólo se produce al comenzar su explotación; al suspender ésta: 1) se recuperan niveles y 2) retrocede la interfaz marina, con la consiguiente reposición de reservas.



pérdida acelerada de la calidad de agua que se usa. Las **medidas de planeamiento hidrogeológico** más destacables son:

- Estimular la **agrupación o fusión** de entidades gestoras de galerías para mejorar y ampliar el sistema de captación en determinadas áreas.
- Orientar la gestión conjunta de los sectores con mayor explotación física para que ésta se acomode a los **objetivos de producción** de este PHI, que se han evaluado conforme con la evolución del sistema.
- Regular el **régimen de bombeo de los pozos** para que las extracciones no sobrepasen ciertos límites en el contenido de cloruros (principal indicador de una intrusión marina inducida).

Otras medidas que se proponen y corresponden a otros capítulos del PHI son:

- Optimizar la captación de **agua de escorrentía**, cuya excelente calidad permite, con su mezcla, aprovechar aguas subterráneas mineralizadas (ver Capítulo 3).
- **Reutilizar las aguas depuradas**, preferentemente para regadío agrícola controlado (ver Capítulo 6).
- Investigar y aplicar la **desalación de aguas salobres** de galerías y pozos a costes razonables (ver Capítulo 6).
- Instalar plantas de **desalación de agua de mar** para complementar el abastecimiento de algunos núcleos de población; aquellos que por su crecimiento excesivo de la demanda inducen la sobreexplotación de las zonas próximas y una pérdida de calidad en el suministro (ver Capítulo 6).

4.5

Aprovechamiento futuro de las aguas subterráneas

4.5.1. Caudales de extracción

La realización de un modelo matemático (ver Plano 4.10) ha permitido reproducir la evolución del agua subterránea de la Isla entre el año 1925, fecha en la que se puede situar el comienzo de la explotación intensiva de las aguas subterráneas, y el momento actual. Sus resultados, obtenidos a partir de una estimación de la recarga por infiltración y de los datos históricos de extracción a lo largo del tiempo, han permitido valorar los caudales característicos del flujo en el acuífero para cada uno de los sectores hidrogeológicos (ver Plano 4.11). Tales caudales son la recarga de lluvia, el retorno de



riegos, el caudal de las reservas, la extracción, el caudal de salida al mar y el intercambio con los sectores adyacentes.

Los resultados del análisis ratifican las ideas generales expuestas en el epígrafe 4.4. En efecto, el período de máxima extracción de agua subterránea, centrado en el quinquenio 1970-75, coincide con la máxima extracción de agua de reservas e incluso con la máxima salida de agua al mar, debido a que en esos años también se produjeron los mayores valores de retorno de riegos. A partir de estas fechas, se produce una disminución paulatina de todos estos caudales, debidos en parte a la disminución de extracción por la dificultad de reperforar galerías y el agotamiento en algunas zonas; disminución que no se ha podido compensar con la explotación de pozos costeros.

El descenso de las extracciones de los últimos 25 años no se ha realizado de forma uniforme en toda la Isla. Algunas zonas, como Santiago del Teide y la Dorsal de la Esperanza, concentran la mayor reducción, generalmente en los sectores altos, por disminución de la extracción por galerías. Otras aumentan notablemente, como las galerías que explotan el reservorio de las Cañadas, o la zona Sur (Arona - San Miguel) por los pozos costeros, o la zona más baja de la Dorsal NE (Los Rodeos) por pozos profundos.

El caudal procedente de las reservas tiende a aumentar con el incremento de extracciones por galerías, pero también disminuye con el decremento de éstas: el sistema busca un punto de equilibrio en que sólo se extraerían recursos. Sin embargo, el caudal de salida al mar disminuye progresivamente en todas las zonas, tanto por el aumento de la extracción en la costa como por el efecto retardado del abatimiento de niveles en cumbres, que acaban por reducir el gradiente costero.

Dada la inercia del sistema, estas tendencias se mantendrán en el próximo futuro, por lo que la situación general del acuífero seguirá marcada por la disminución de niveles (ver Figura 4.10), debida a la aportación de reservas, que si bien se reducirá, sigue teniendo un valor notable. La salida al mar se reducirá progresivamente por el aumento de la extracción costera y la disminución del gradiente general.

En el momento actual, la extracción total es de 211 hm³/año, 8 de los cuales proceden de galerías-naciente, 55 de pozos y 148 de galerías.

4.5.2. Calidad de las aguas

Los análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas de la Isla revelan la desigual presencia de sales disueltas que suponen una "contaminación" de su pureza

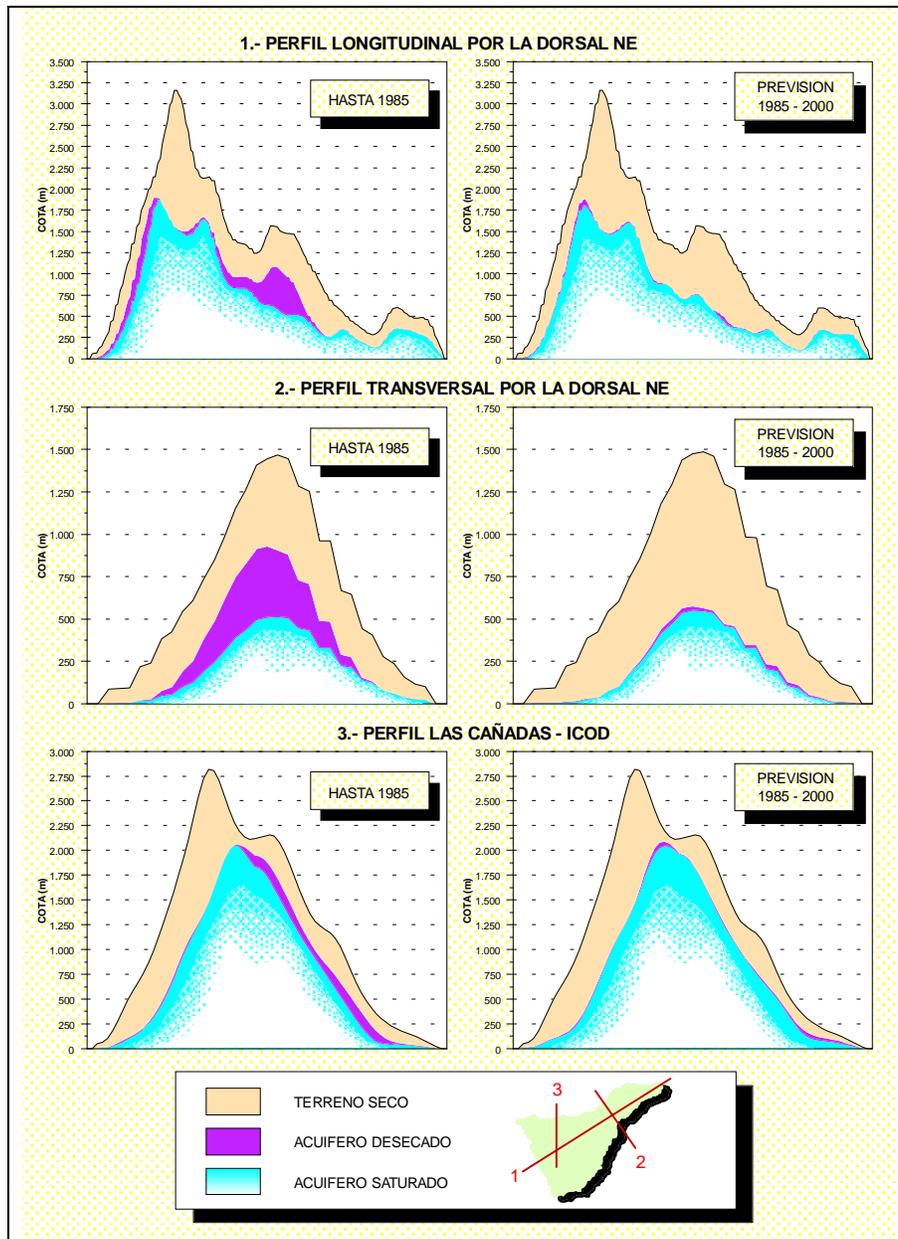


Figura 4.10. Evolución de los niveles freáticos



originaria y apuntan las pautas seguidas en el proceso acaecido hasta llegar a su estado actual.

Tarea básica del PHI ha sido recopilar, organizar, ampliar, analizar, procesar, validar y sintetizar la información hidroquímica, sistematizándola en una **base de datos** específica ("**DHQ**"), relacionada con la de captaciones de aguas subterráneas ("CASB"); lo que ha permitido situar territorialmente el punto de extracción de cada muestra analizada. La base de datos hidroquímicos cuenta actualmente con unos 3.418 análisis, de los que se han validado⁸ 2.505 (un 73 %); el número de puntos de extracción con análisis de agua es 659 (1 punto cada 3 km²) y la obra más analizada lo ha sido 38 veces.

La explotación de esos datos se ha realizado analítica y gráficamente (ver Planos 4.13 a 4.17⁹), relacionándola con información geológica, agrícola y urbana, extrayéndose las siguientes conclusiones:

- La contaminación de las aguas de la Isla obedece a tres tipos de causas:
 - Actividad **volcánica** de los terrenos donde se encuentran.
 - Penetración subterránea (**intrusión**) de agua marina.
 - Recarga de sustancias **vertidas** por la actividad humana.
- La **actividad volcánica** reciente incorpora al agua, en forma gaseosa, anhídrido carbónico (CO₂) y flúor (F₂). El primero aumenta su agresividad sobre la roca de caja incrementando la disolución de **bicarbonatos** (HCO₃⁻), en mayor parte sódico (Na⁺) por su mayor avidez y presencia en la roca; se llega a concentraciones de 2.000 mg/l de ion bicarbonato y 500 mg/l de ion sodio. El segundo adquiere forma de **fluoruros** (F⁻), alcanzando hasta 9 mg/l. Correlacionando las isolíneas de ion bicarbonato con la ubicación de los volcanes que tuvieron una erupción más reciente, se confirma la coincidencia entre el máximo contenido mineral y la posición de las fisuras eruptivas.
- En el litoral de la vertiente sur, donde la extracción ha sido en los últimos años muy elevada para intentar compensar el fuerte tirón de la demanda, se aprecian claras muestras de **intrusión marina**, alcanzándose concentraciones de 2.000 mg/l de ion **cloruro** y 1.250 mg/l de ion sodio.
- Los vertidos al subsuelo de aguas residuales domésticas sin depurar y la percolación de aguas de riego de cultivos con abonado continuado e intensivo, son las principales causas de la presencia de **nitratos** (NO₃⁻) en el subsuelo. En las zonas altas hay también una contaminación natural por lavado de terreno donde se desarrollan plan-

⁸ Sometidos a cuatro chequeos de coherencia de sus datos internos.

⁹ Mapas de isolíneas de concentración de los parámetros más relevantes (CE, HCO₃⁻, Cl⁻, NO₃⁻, Na⁺)



tas leguminosas silvestres, pero su dilución en las aguas es del orden de 5 - 10 mg/l de ion nitrato. En los principales valles agrícolas esta concentración sube a 40 - 50 mg/l, con un caso singular de 40 - 110 mg/l en el Valle de La Orotava. De los estudios realizados se deduce que la aportación de nitratos es debida en mayor medida a los fertilizantes agrícolas que a las aguas fecales.

- Por lo general todas las aguas subterráneas extraídas del acuífero general, no de acuíferos colgados, presentan un alto contenido en **silíce** (SiO₂), con concentraciones entre 50 - 110 mg/l, revelador del largo tiempo de residencia en el subsuelo.

Diagnosticadas las causas, el pronóstico es que a corto y medio plazo las aguas subterráneas de Tenerife seguirán **"empeorando cualitativamente"** puesto que:

- Los efectos del volcanismo son permanentes en nuestra escala temporal.
- A corto plazo no parece factible poder reducir de forma notable la extracción de aguas salobres de pozos en el Sur.
- La percolación de fertilizantes agrícolas y los vertidos de aguas residuales podrán ir disminuyendo con las medidas que se adopten para su control, pero el nivel de nitratos ya alcanzado no disminuirá en mucho tiempo.

4.5.3. Estrategias de explotación

4.5.3.1 Criterios generales

Las características hidrogeológicas de Tenerife, junto con la larga historia de explotación de sus aguas subterráneas, definen un sistema muy desarrollado en el que cualquier actuación debe considerar los perjuicios que pueden producirse a los usuarios actuales. Por otra parte, el sistema tiene una notable inercia que impide obtener respuestas inmediatas a las medidas a aplicar.

Por ello el PHI asume como **criterios generales** para la explotación futura:

- la agrupación de captaciones,
- la no afección a alumbramientos preexistentes por captaciones no agrupadas con los mismos,
- la corrección gradual de los problemas que se presenten.

La intervención de la Administración Hidráulica debe estar centrada en fomentar el primero, controlar el segundo y adoptar las medidas procedentes en el tercero, velando por el desarrollo de la política específica que defina el Consejo Insular.



4.5.3.2. Agrupación de captaciones

La Ley de Aguas de Canarias contempla (art. 26) tres modalidades para la agrupación o concentración de comunidades existentes:

- a. fusión,
- b. consorcio y
- c. agrupación simple.

Asimismo, prevé la concentración de captaciones por áreas en comunidades únicas (arts. 87 y 88), la posibilidad de que el Consejo Insular condicione el otorgamiento de nuevas concesiones a esta concentración y el fomento (ayuda técnica y estímulos a programar) por la Administración Hidráulica en los casos recomendables.

En Tenerife, a tenor de lo expuesto en este capítulo del PHI, es deseable llegar a la modalidad de "fusión" de captaciones a nivel de "sector hidrogeológico"; pero este proceso, que tiene que ser voluntario, requiere una fase previa de aproximación y auto-convencimiento de las comunidades implicadas hasta su maduración. Es previsible que el proceso de agrupación de Comunidades se realice en varios escalones, comenzando por áreas más reducidas y limitándose a pocas captaciones próximas que tienen una problemática similar e interdependiente; toda iniciativa de agrupación, cualquiera que sea su modalidad y dimensión, es positiva y debe ser apoyada y estimulada.

Las medidas para "proteger cautelarmente" los alumbramientos de comunidades no agrupadas, serán un gran condicionante para poder realizar cualquier actividad en el entorno, lo que propiciará la concentración de captaciones.

4.5.3.3. Espacio cautelar de protección de los alumbramientos

Evitar que nuevas obras afecten, mermando su aprovechamiento, alumbramientos preexistentes es una cautela que ya contenía la antigua Ley de Aguas centenaria¹⁰, que fijaba 100 metros de alejamiento mínimo. Luego, la Ley 59/1962 remitía a informes técnicos la determinación de la zona real de influencia del alumbramiento en cuestión; pero la práctica administrativa hubo de traducirlo, en primera aproximación, en una nueva distancia fija, aunque ya de 1.000 metros. Recientemente, el Decreto 152/1990 ha establecido el "espacio cautelar de protección" de las zonas en explotación en 2.000 metros, con diversas matizaciones entre las que destaca que no rige en las zonas costeras.

Para la ejecución de obras ya autorizadas y aún no ejecutadas, a las que proceda concederles una prórroga acorde con la nueva legislación, no será de aplicación esta nueva restricción. Tampoco lo será en el caso de labores para el mantenimiento de cau-

¹⁰ Arts. 19 y 24 de la Ley de Aguas de 13 de junio de 1879.



dales, salvo que su aproximación física sea menor que la que regía cuando se le otorgó la autorización. Pero sí debe aplicarse en caso de nuevas concesiones.

Una delimitación rigurosa del "espacio cautelar de protección" (en lo sucesivo "**ECP**") particular de cada alumbramiento con criterios estrictamente técnicos puede resultar una tarea tan compleja como inútil. Es evidente que tal análisis debe basarse en:

- La situación y la magnitud (el caudal) de cada alumbramiento a proteger.
- Las características hidrogeológicas del acuífero en el entorno de las obras en cuestión.
- El grado de explotación de dicho acuífero.
- El grado de centralización o agrupación de los titulares de los aprovechamientos.

A fin de alcanzar una "norma objetiva" que regule razonablemente esta delimitación, el PHI ha adoptado los siguientes **criterios técnicos**:

- El espacio de protección de cada alumbramiento es función, en planta y en alzado, de la magnitud del caudal alumbrado y de su posición. En consecuencia, la frontera del mismo no es inmutable, sino redefinible en el tiempo, conforme varíen bien la magnitud del caudal o la posición del alumbramiento.
- El aprovechamiento mínimo susceptible de consideración individualizada es de 2.000 m³/año, equivalente a un caudal continuo de 0,06 litros por segundo (0,45 pipas por hora).
- Los distintos puntos de surgencia coexistentes en una misma captación deben ser objeto de consideración y evaluación separada si la distancia entre los mismos supera los 200 metros. En caso de ser inferior se deben considerar como un único alumbramiento con la suma de sus caudales situada en el centro de gravedad (ponderación de la distancia con el caudal) de los puntos de surgencia; en una primera aproximación puede considerarse el caudal concentrado en su punto medio.
- Los alumbramientos de surgencia continua o cuasicontinua en tramos de longitud superior a 200 metros deben ser considerados como la sucesión en toda su longitud de alumbramientos puntuales, pero con un caudal unitario minorado (equivalente al caudal total acumulado del tramo multiplicado por la raíz cuadrada del cociente entre 200 y la longitud expresada en metros). El límite de su espacio cautelar de protección se debe configurar como la envolvente de los correspondientes a los sucesivos alumbramientos puntuales equivalentes.
- La distancia mínima en planta para proteger los alumbramientos se debe fijar en 200 metros, aplicable a los menores alumbramientos susceptibles de consideración.



- La distancia máxima en planta para proteger alumbramientos se debe fijar en 2.000 metros, aplicables a alumbramientos iguales o superiores a 1.576.800 m³/año, equivalentes a 50 litros por segundo (375 pipas por hora).
- Entre los valores extremos anteriores, la distancia de protección en planta a igualdad de cota se debe determinar mediante una función del caudal del alumbramiento, que, además de pasar por los puntos extremos ya indicados, dé quinientos 500 metros para un caudal de 5 litros por segundo (37,5 pipas por hora). Su expresión matemática resulta ser:

$$D = - 0,5486 Q^2 + 63,5045 Q + 196,1917$$

donde:

D = distancia de protección en metros (m)

Q = caudal del alumbramiento expresado en litros por segundo (l/s)

- En alzado la distancia de protección en la vertical de un alumbramiento debe ser un tercio (1/3) de la que corresponda en planta a igualdad de cota, con los valores extremos: mínima de 100 y máxima de 300 metros.
- En los alumbramientos en acuíferos o bandas costeras no deben aplicarse los criterios anteriores. El espacio de protección de cada alumbramiento se debe fijar entonces atendiendo a la intensidad (caudal por kilómetro de costa) del flujo subterráneo al mar, el grado de captación del mismo mediante los alumbramientos ya existentes y los indicadores de intrusión marina (concentración de ion cloruro) que se detecten en las aguas alumbradas.
- Para el caso de obras autorizadas y no ejecutadas que todavía tengan vigente dicha autorización, aun cuando no correspondan a alumbramientos reales sino hipotéticos, se debe mantener la protección cautelar que tradicionalmente había venido estableciendo la Administración Hidráulica (1.000 metros en planta y 200 metros en alzado) mientras esté vigente la autorización y no se hayan realizado las obras; en cuyo caso se evaluaría, como función de los aprovechamientos reales que se vayan produciendo, según su caudal y posición.
- Estos criterios generales pueden ser "particularizados" y modificados por áreas y sectores hidrogeológicos a tenor de la evolución del grado de explotación del acuífero correspondiente, según constatación o predicción técnica de la Administración Hidráulica.

A pesar de la aparente dificultad para llegar a delimitar, en un caso concreto, el correspondiente ECP por aplicación de todos estos criterios, la determinación es inmediata auxiliándose del gráfico adjunto (ver Figura 4.11).



4.5.3.4. Control de la sobreexplotación

La situación de hecho del sistema es de sobreexplotación física generalizada, en mayor o menor grado según sectores; si bien es cierto que está remitiendo por la propia reducción del aprovechamiento con que reacciona el propio sistema. No es posible tomar medidas que mejoren a corto plazo dicha situación sin producir perjuicios excesivos. Por ello, no se considera oportuno declarar, en el momento actual y como actuación propia del PHI, la sobreexplotación de ninguna zona o sector. Esta decisión se pospone a actuaciones futuras del Consejo Insular del Agua según el procedimiento establecido (arts. 45 a 48 de la Ley de Aguas).

4.5.3.5. Control de la salinización

A diferencia de la sobreexplotación, sólo se puede hablar de salinización en algunas zonas costeras, para las que, por las razones expuestas en el apartado anterior, tampoco se considera oportuno hacer ninguna declaración de acuífero en vías de salinización, remitiendo la posible decisión al criterio del Consejo Insular del Agua (art. 49 de la Ley de Aguas).

4.5.4. Pronóstico por zonas

Las ideas expuestas en el epígrafe 4.5.3 se han valorado cuantitativamente, en términos de extracción por zonas, hasta el año 2000, con unas hipótesis de perforación de galerías y explotación de pozos coherentes con la estrategia de explotación que parecía más razonable.

El modelo del flujo en la Isla ha permitido estimar la evolución futura de niveles y caudales para las citadas extracciones. La respuesta obtenida indica que el sistema no es capaz de mantener las extracciones previstas en principio, a pesar de ser bastante inferiores a las actuales. La reducción respecto a la situación actual se puede cifrar en unos 30 hm³/año. La evolución esperada de las extracciones por zonas es irregular. Las reducciones más fuertes se darán, según las hipótesis manejadas, en las zonas de Santiago del Teide y Orotava-Fasnia, mientras que Las Cañadas podrá aumentar debido a la explotación de su reservorio.

El plano 4.12 muestra los caudales circulantes en el horizonte del año 2000 según la estimación del modelo, que puede compararse con el plano 4.11 correspondiente al momento actual. El pronóstico ha concluido estimando por sectores hidrogeológicos para el año 2000:

- a. el número de captaciones,
- b. el número de alumbramientos y
- c. el caudal de extracción.

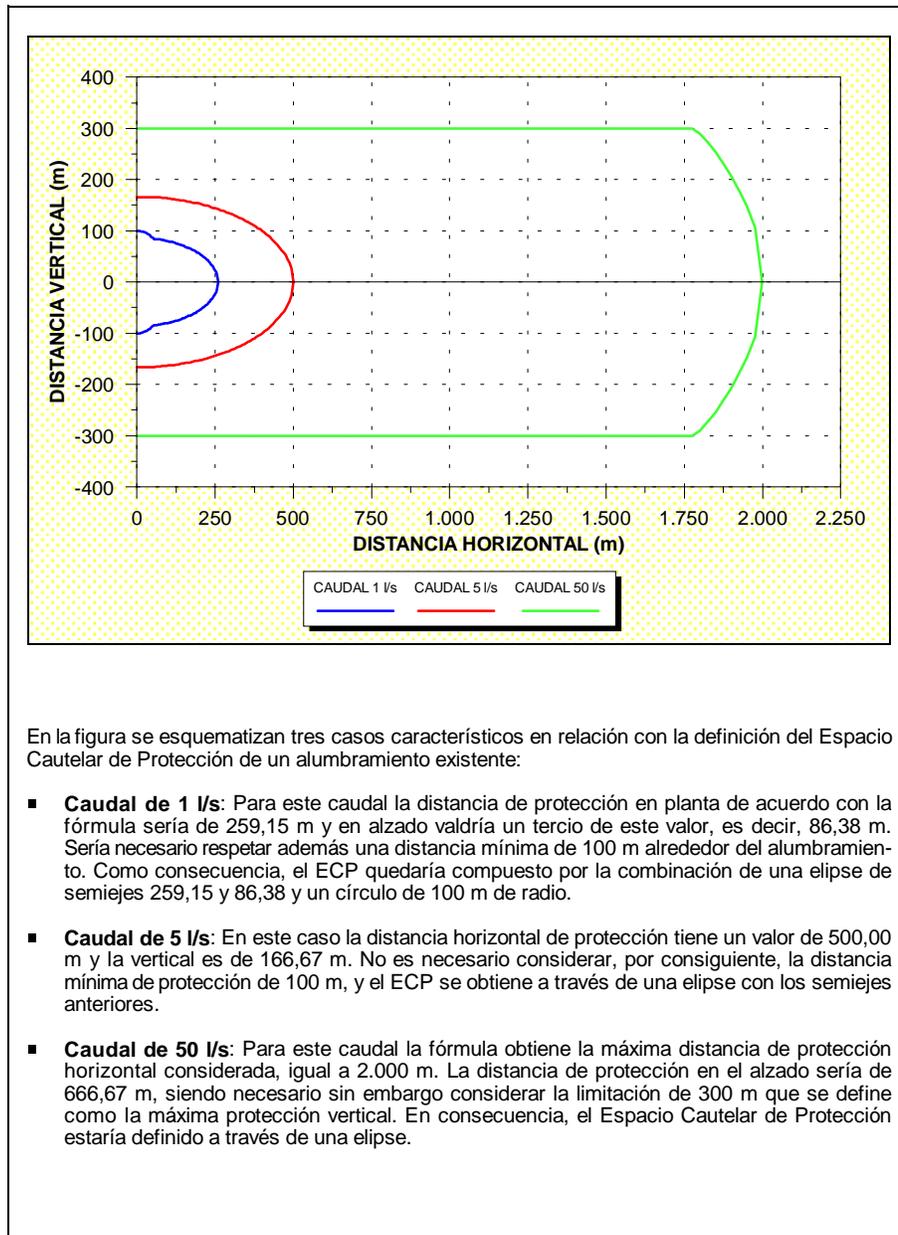


Figura 4.11. Espacio Cautelar de Protección de los alumbramientos existentes



Los valores obtenidos de dicha estimación se reflejan gráficamente en la figura adjunta 4.13, que puede compararse con la 4.12 que recoge similares magnitudes en el año 1985.

La evolución de la calidad del agua extraída no se ha podido estimar numéricamente, debido a la complejidad del problema y la escasez de datos para ello. Sin embargo, es seguro que sufrirá un deterioro progresivo, tanto en las galerías, por la mayor antigüedad y profundidad del agua, como en los pozos, por el peligro de salinización. Pueden ser excepción algunas zonas costeras poco propensas a la salinización, donde la extracción de una mayor proporción de agua más reciente, no procedente de reservas, puede alcanzar localmente mejor calidad.

4.6

Medidas para controlar y corregir la contaminación

La contaminación natural por la **actividad volcánica** sólo cabe detectarla, evaluarla y corregir sus efectos "a posteriori". Los mapas de isolíneas hidroquímicas son un buen instrumento para la primera tarea; la Administración Hidráulica debe seguir ampliando y actualizando la base de datos DHQ y revisar periódicamente los mapas de isoconcentraciones. La corrección de las aguas alumbradas, adaptando su composición a la calidad requerida para cada uso, puede realizarse por mezcla o por tratamiento físico-químico; entre las actuaciones del PHI se incluyen ambos tipos de medidas (ver Capítulo 3: Aprovechamiento de aguas superficiales y Capítulo 6: Desalación de aguas salobres), para los casos en que se justifican (salubridad o rentabilidad) sus costes adicionales.

La corrección de la **intrusión salina** requiere de una reducción de las extracciones que la indujeron. La vía administrativa para hacerlo ya ha sido expuesta y desaconsejada para el momento presente (ver epígrafe 4.5.3.E). La forma más eficaz parece ser la aportación de nuevos recursos (por ejemplo reutilización de aguas depuradas) de mejor calidad a la zona y orientar a que los excesivamente salinos queden fuera de mercado y uso por su mala calidad; se debe complementar

con inspecciones administrativas para disuasión y control de las captaciones con extracción excesiva.

La contaminación por **nitratos** se reducirá en la medida en que lo hagan la incorporación de fertilizantes agrícolas y los vertidos de aguas residuales. En el caso del Valle de La Orotava, donde más acusado es el fenómeno, la reducción de fertilizantes va siendo un hecho al ir disminuyendo los cultivos agrícolas (ver Capítulo 5) y la de vertidos se corregirá con la extensión del servicio de alcantarillado a todo el Valle (ver Capítulo 10); el problema sanitario de incorporación de nitratos al abasto urbano se solventará

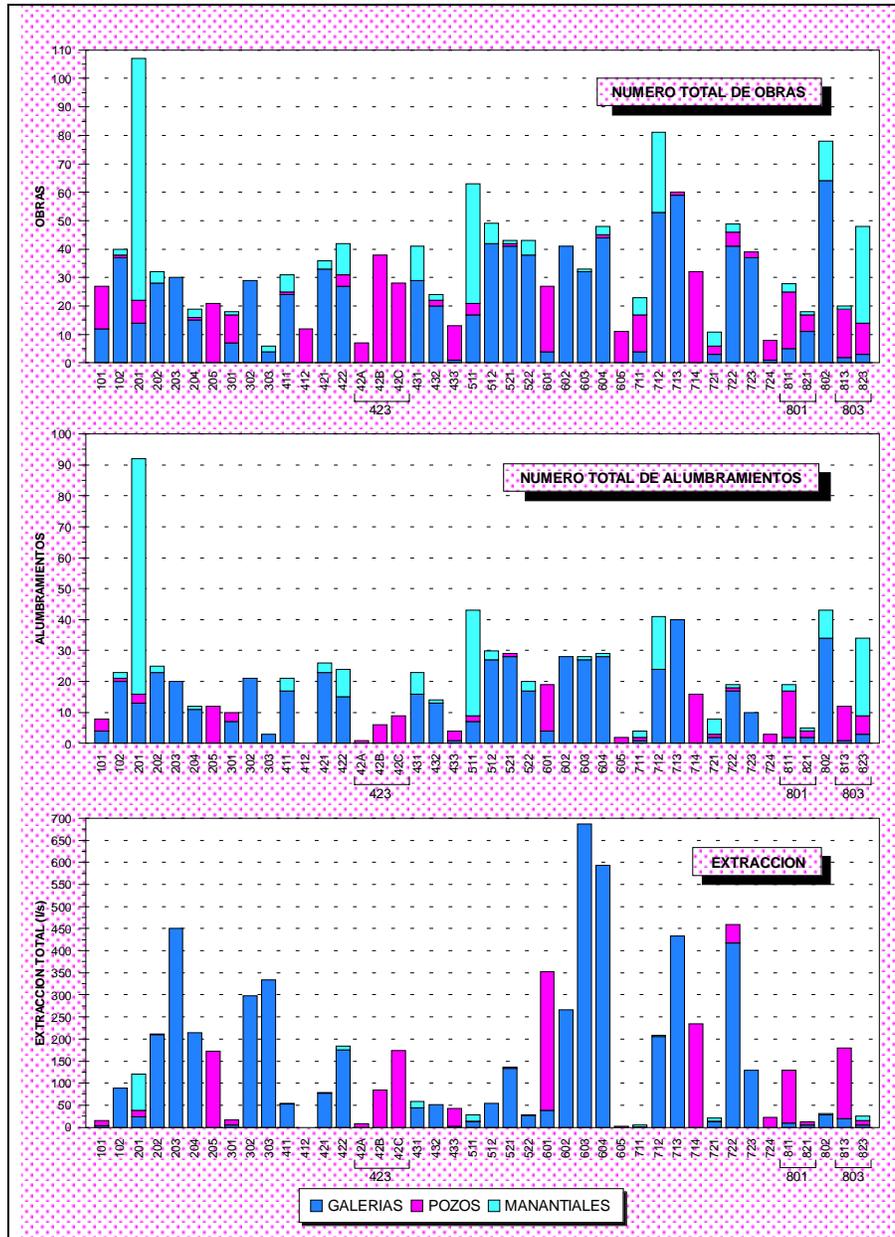


Figura 4.12. Obras de captación por sectores en el año 1985

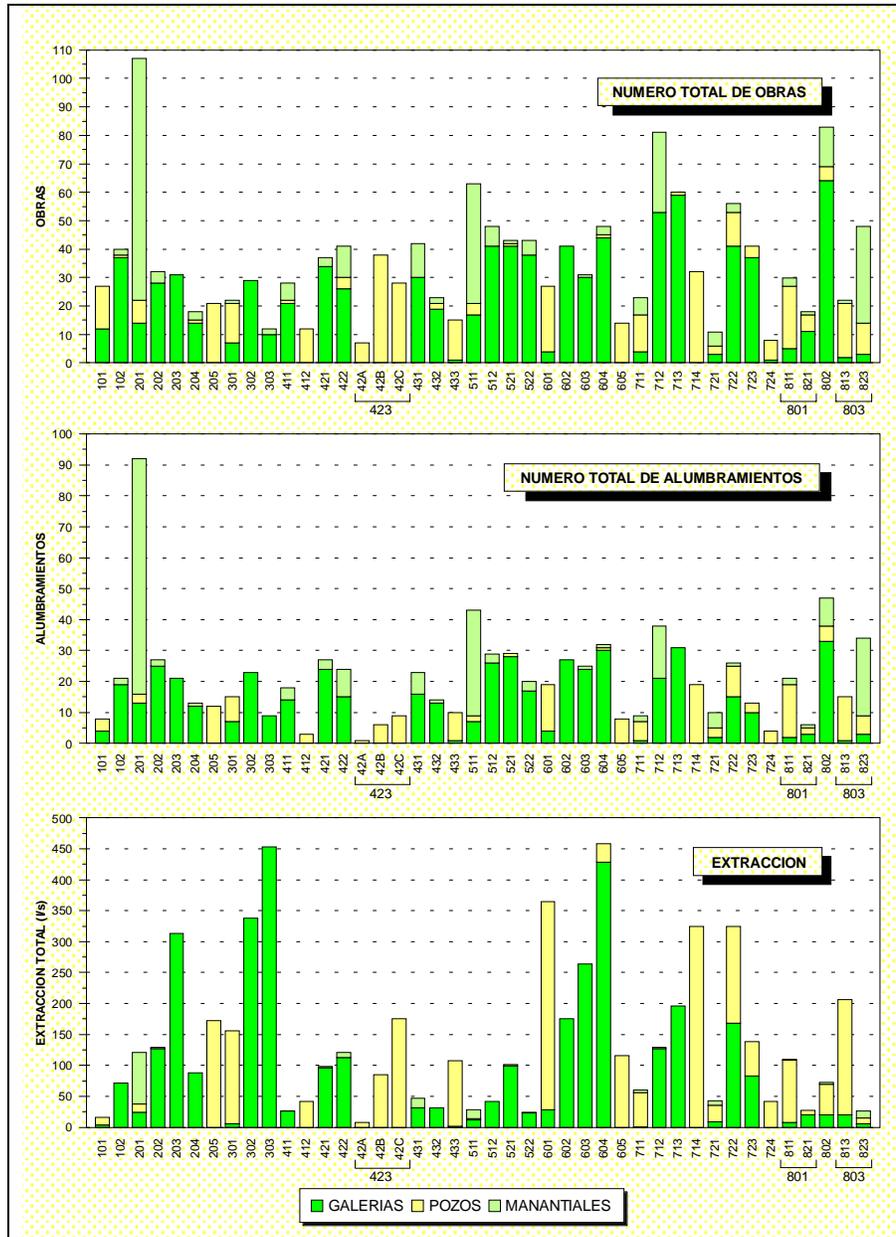


Figura 4.13. Obras de captación por sectores en el año 2000



mediante una mayor dilución de las aguas contaminadas y con la entrada en funcionamiento de una planta de tratamiento en la Vera (ver Capítulo 6), que inicialmente tendrá carácter experimental.

La normativa de **vertidos** pretende controlar y evitar la incorporación de otras sustancias indeseables al subsuelo insular. Especial atención se debe mantener en las áreas industriales, vertederos de residuos sólidos y ubicación de plantas de desalación o tratamiento (vertidos de salmueras).

4.7

Actuaciones relativas a la gestión

Las actuaciones propuestas están regidas por los principios señalados antes (ver epígrafe 4.5.3) al definir la estrategia de explotación. La base de estos principios es que la gestión de las aguas subterráneas de Tenerife ha sido y seguirá siendo realizada esencialmente por la iniciativa privada, que actúa en función de las tendencias del mercado libre.

En las NORMAS (ver volumen propio) se detalla cuál debe ser la intervención de la Administración que, concretamente, sigue las líneas marcadas por los Decretos 152/1990, 177/1990 y 186/1990 de la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias.

Las Normas instrumentan separadamente:

- **Aprovechamientos reconocidos o legalizados por las disposiciones transitorias de la Ley de Aguas de Canarias.**
 - normativa para las captaciones en efectiva explotación, totalmente ejecutadas y ajustadas a la autorización.
 - ídem para las captaciones en ejecución y sin obras ilegales
 - ídem para las captaciones en efectiva explotación o en ejecución y con derivaciones y excesos respecto a la autorización
 - de obras para el mantenimiento de caudales en obras existentes
- **Concesiones de obras nuevas**
- **Aforos y controles técnicos.**
- **Registro de Aguas públicas**
 - inscripción de las concesiones, autorizaciones y permisos



- registro de los derechos que traigan causa con la legislación anterior
 - inscripción de pequeños aprovechamientos.
- **Catálogo de aguas privadas**

4.8

Normas específicas de actuación

A ellas se ha hecho referencia en el epígrafe precedente. El texto del volumen que las contiene sigue una pauta sensiblemente paralela a la presente Memoria y desarrolla, en el tono imperativo propio de una normativa, todos los aspectos que afectan o pueden afectar al óptimo desenvolvimiento del PHI.

4.9

Inversiones específicas programadas

Las inversiones para captación de aguas subterráneas seguirán siendo en su mayor parte privadas, acorde con su titularidad y modalidad de gestión. No se han programado las **ayudas** con destino a estimular la afluencia de capitales privados por entender que deben establecerse desde una perspectiva socioeconómica más amplia y dentro de una política regional de apoyo a este sector.

Las **inversiones públicas** relativas a planeamiento hidrogeológico que se incluyen en el PHI se recogen en dos programas de actuación:

- 310 Captación de aguas subterráneas, y
- 320 Control y conservación de acuíferos.

El primero incluye la ejecución de 6 pozos, con sondeos exploratorios, ubicados en áreas infraexplotadas y sus dotaciones para elevación de las aguas alumbradas.

El segundo comprende 6 actuaciones con ejecución de sondeos profundos de investigación en Las Cañadas y en las tres depresiones de deslizamiento (Valle Icod-La Guancha, La Orotava y Güímar) y su instrumentación para medida y control del nivel freático.

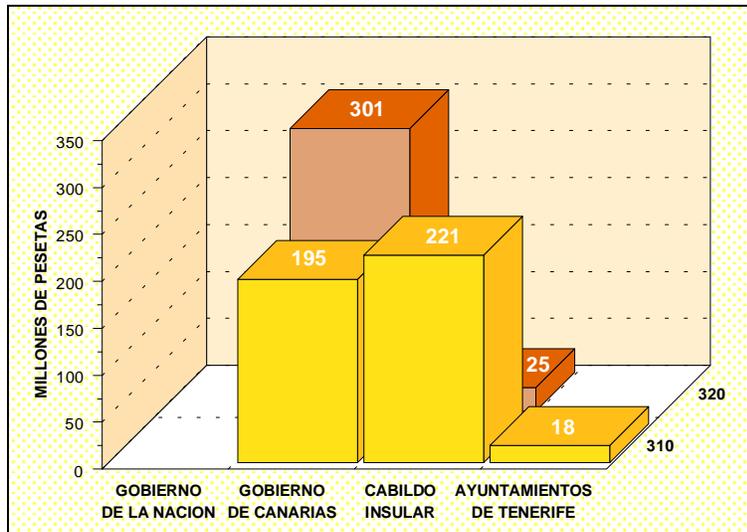


Figura 4.14. Distribución de la inversión por programas y fuentes de financiación