

# **INTRUSION MARINA EN EL ARCHIPIELAGO CANARIO. ESTADO ACTUAL PARA LAS ISLAS OCCIDENTALES**

**Resumen**

**Tenerife**

**La Palma**

**La Gomera**

**El Hierro**

**Contenidos en ion cloruro en algunos de los acuíferos costeros comentados en la presente comunicación. A modo comparativo se exponen los valores correspondientes a las aguas del acuífero en ausencia de extracciones (agua de recarga) y los máximos valores en pozos o sondeos**

**Valores de la permeabilidad para diferentes formaciones geológicas**

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros  
Almuñécar (Granada, España). 1988

TITULO: INTRUSION MARINA EN EL ARCHIPIELAGO CANARIO: ESTADO AC-  
TUAL PARA LAS ISLAS OCCIDENTALES.

AUTOR: Carlos SOLER LICERAS, Jefe de OBRAS Y PROYECTOS DEL SER-  
VICIO HIDRAULICO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE. DIRECCION GE-  
NERAL DE AGUAS. CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS, VIVIENDA Y  
AGUAS DEL GOBIERNO DE CANARIAS.

RESUMEN:

La intrusión marina es uno de los grandes problemas que se plantean en la explotación de los acuíferos costeros del Archipiélago Canario. Las zonas costeras se sitúan en terrenos volcánicos recientes, donde los productos masivos se presentan muy fisurados y las escorias y piroclastos tienen un elevado índice de huecos. Debido a ello la permeabilidad es muy elevada y el gradiente hidráulico no supera el 1%. Sumándole a todo lo anterior el hecho de que los regímenes de explotación provocan la extracción de un caudal de agua superior al flujo de recarga que transmite el acuífero, se llega al estado actual en el que la gran mayoría de los pozos costeros presentan los efectos de la intrusión marina. Cuando estos efectos se superponen en zonas de proliferación de captaciones costeras, se hace aun más patente los efectos de empeoramiento de calidades como consecuencia de la intrusión marina. A continuación se enumeran, con un breve comentario las zonas costeras con fenómenos de intrusión marina para las islas que componen la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

Canarias, después de Galicia, es la segunda región española en longitud de costa. Esta longitud se cifra en 1 545 kilómetros, de los cuales 718 corresponden a las cuatro Islas que forman la provincia de Santa Cruz de Tenerife. Si se conjuga esto con el hecho físico de la insularidad y con el de que la disponibilidad de agua se obtiene, en su casi totalidad mediante captaciones de aguas subterráneas, no será difícil deducir que la intrusión marina es, por desgracia, uno de los problemas que más sufre el habitante de las Islas y que mas preocupa a los técnicos del agua.

Tres han sido los Organismos oficiales que han desarrollado, en este Archipiélago, las labores de investigación de los acuíferos costeros con problemas derivados de la intrusión marina, que por orden a su antigüedad y actividad han sido:

Servicio Geológico de Obras Públicas,  
Instituto Geológico y Minero de España y  
Servicios Hidráulicos.

Las investigaciones, control y seguimiento de estos acuíferos costeros han dado como resultado el que se conozca en parte, la situación en aquellas zonas con mayor sobreexplotación. Se puede decir que con diferentes márgenes, en todas las Islas existen zonas, de más o menos extensión, donde el empeoramiento de la calidad del agua como consecuencia de los efectos de la intrusión marina se hace patente. Ello es debido a que a una sobreexplotación puntual de la captación y de la zona se le suma el que el acuífero se sitúa en terrenos con una elevada permeabilidad.

Debe considerarse que los materiales volcánicos en origen, esto es cuando tienen una escasa antigüedad, son de elevada permeabilidad. Las zonas masivas tales como las coladas presentan una red tupida de diaclasas abiertas, debido a los procesos de retracción como consecuencia del enfriamiento. Esta red se sitúa en planos verticales, paralelos y perpendiculares a la dirección del movimiento de la colada. Existen también diaclasas, aunque mucho menores en número, situadas en planos horizontales o mejor dicho en planos más o menos paralelos al perfil del terreno que fosiliza la colada. Por tanto cabe considerar que en las zonas masivas de los terrenos volcánicos estudiados como unidades independientes, la relación entre la permeabilidad vertical y la horizontal es mucho mayor que la unidad.

Siguiendo en los terrenos volcánicos modernos los otros productos que integran los edificios insulares tales como escorias y piroclastos, son también muy permeables ya que se trata de materiales granulares en los que presentando un elevado índice de huecos tanto entre los granos como en ellos debido a su interconexión se asegura un paso fácil de agua. Aquí ya la relación entre permeabilidades vertical y horizontal es similar.

Por último cabe mencionar, por el hecho de ser una excepción y no por su protagonismo, a algunos materiales volcánicos que en origen, presentan una relativa baja permeabilidad. De ellos cabe destacar: las ingnimbritas, depósitos de nube ardiente y el mortalón.

Mientras la alteración no afecte a estas unidades descritas, la permeabilidad se presenta con valores muy elevados. Cuando ella actúa, lo hace en la forma de obturar huecos y fisuras mediante la aportación de materiales arcillosos provenientes de la propia alteración de los materiales. Con el tiempo y por recubrición de materiales con productos volcánicos posteriores, se produce una compactación que disminuye aun más la permeabilidad original.

Este podría ser, de forma esquemática, un boceto general del esquema hidrológico en los terrenos volcánicos de Canarias. Se hace hincapié en el término general aún cuando la heterogeneidad de estos materiales es elevada. Por tanto y en resumen: se puede decir que los materiales volcánicos modernos son muy permeables, disminuyendo este parámetro a medida que la alteración actúa. Esta alteración es función de la antigüedad y también depende muy directamente, de los

factores climáticos tales como la pluviometría y humedad.

La distribución de los materiales modernos en el Archipiélago es muy variable dependiendo sobre todo de la isla que se trate. Así islas como Fuerteventura y La Gomera, se podrían esquematizar diciendo que presentan una mitad de costa (la del este para Fuerteventura y la del sur para La Gomera) en materiales modernos, estando la otra mitad constituida por materiales muy antiguos donde no existen captaciones debido a su casi nula permeabilidad. En otras islas como Tenerife, la mayor parte de la zona costera se encuentra enclavada en terrenos muy modernos y por tanto con una elevada permeabilidad. En el caso de las islas de La Palma, El Hierro y Lanzarote la zona costera esta formada por materiales recientes y antiguos; pero este último concepto debe tomarse como relativo en cuanto a su efecto sobre la alteración ya que si bien su antigüedad absoluta no es mucha, en términos geológicos, la alteración que presentan es escasa y por tanto la permeabilidad sigue siendo elevada.

Una vez definido como de permeabilidad alta la mayoría de las zonas costeras del Archipiélago, veamos, en las cuatro islas que forman la provincia de Santa Cruz de Tenerife, dónde se sitúan las zonas del acuífero con intrusión marina:

#### TENERIFE

Volumen de infiltración anual:	262	hm <sup>3</sup>
Volumen de extracción anual:	214	hm <sup>3</sup>

##### Zona 1. Valle Guerra.

Acuífero situado, en su zona de explotación, en la Serie Basáltica III formada por materiales recientes, constituyendo un apilamiento de coladas y escorias en similares proporciones. El agua de recarga a esta zona del acuífero proviene de la Serie Antigua II con una permeabilidad ostensiblemente menor. Es esta Serie también la capa infrayacente a la que se sitúa donde se explota el acuífero.

Los efectos de la intrusión marina han provocado el cierre de los pozos primitivos, situados más cerca de la costa que los actuales en explotación. Se observan en los niveles piezométricos conos de depresión que se superponen de una captación a otra situándose los niveles estáticos muy próximos al nivel del mar. El uso del agua es eminentemente agrícola.

El conocimiento de la situación actual no va mucho más allá de la generalidad comentada en las líneas anteriores. aunque esto está en vías de subsanarse al estar realizándose, en el momento actual, un estudio de detalle consistente en la elaboración de una ficha geológica e hidrogeológica de todas las captaciones, así como regímenes de extracción y un estudio hidroquímico derivado de las muestras tomadas durante el inventario.

## Zona 2. Valle de La Orotava-Puerto de La Cruz.

El acuífero se explota en los mismos materiales que el anterior. La situación hidrológica es a todos los efectos similar. No obstante, el nivel de conocimiento de detalle de la zona es, en estas fechas, inferior al anterior. Para un futuro no muy lejano se desea comenzar un estudio exhaustivo y de detalle.

En principio los efectos de la intrusión marina deben ser mas acusados que en la zona anterior ya que la recarga, proviniente también de la Serie Antigua y de las Series Cañadas, se ve disminuida por las extracciones que mediante galerías, se producen en las zonas altas alejadas de la costa.

## Zona 3. Sur de la Isla.

Aquí el acuífero costero se sitúa íntegramente en la Serie Basáltica III no estando en sus proximidades a la costa la Serie Antigua. Se puede decir que en la mayoría de la zona la recarga está también situada en esta misma Serie. Debido a la elevada permeabilidad de estos materiales el gradiente es muy bajo y se produce la intrusión marina por ascenso de la interfaz agua dulce-agua salada en la vertical de la captación, aún cuando ésta se sitúa algunos cientos de metros separados de la costa. En zonas como el Valle de San Lorenzo, la proximidad de las captaciones y el excesivo caudal de bombeo provocan la superposición de efectos aumentando con ello el empeoramiento de la calidad; que en ocasiones ha obligado al abandono del pozo. La proliferación de captaciones aguas arriba de las abandonadas ha provocado el que este abandono sea total en vez de temporal.

## Zona 4. Valle de Güimar.

El acuífero explotado mediante captaciones costeras esta formado, su soporte geológico, por Series Recientes (con características hidrológicas similares a la de la Serie III) y en alguna zona se explota en la Serie Basáltica Antigua donde la permeabilidad es menor debido al grado de alteración que presentan estos materiales. El acuífero se halla limitado inferiormente por el mortalón, definido en paginas anteriores como un material de muy baja permeabilidad. La posición relativa de este material respecto al nivel del mar influye directamente sobre los procesos de intrusión marina al constituir claramente el zócalo impermeable del acuífero costero. En la zona próxima a la costa los efectos de la intrusión son muy acusados; hasta el punto de que ha obligado a abandonar los primitivos pozos con los que se abastecía la zona; antes de que proliferasen, en estos últimos 50 años las galerías en las zonas altas (cotas superiores a los 300 metros) y los pozos de gran profundidad; causantes, unos mediante drenaje y otros por su excesivo caudal de bombeo, de la intrusión marina que llega a afectar a zonas separadas mas de 2.000 metros de la costa.

## LA PALMA

Volumen de infiltración anual: 154 hm<sup>3</sup>  
Volumen de extracción anual: 83 hm<sup>3</sup>

### Zona 1. Santa Cruz de La Palma.

Acuífero situado en la Serie Basáltica Antigua de La Palma. Esta Serie consiste en una alternancia de coladas y escorias, con mayor predominio de las primeras, eminentemente básicas y con niveles de piroclastos y conos volcánicos. La permeabilidad de estos materiales si no llega a los valores altos comentados para la Serie III de Tenerife no se separa mucho de ellos; sobre todo en ausencia de niveles piroclásticos. Aunque presentan el calificativo de antiguos, la alteración no ha logrado disminuir en mucho su primitiva permeabilidad. Se ha observado, no obstante, la presencia de niveles masivos en los que debido a su escasa red de diaclasamiento junto con una pequeña alteración, logran disminuir la permeabilidad hasta el punto que en ocasiones se producen confinamientos en el acuífero. No obstante, su carácter puntual convierte este hecho en anecdótico, dentro de la generalidad descrita anteriormente.

La recarga del acuífero costero se sitúa dentro de esa misma Serie de los Basaltos Antiguos. Actualmente y debido al drenaje al que está sometido el acuífero en la zona alta por la presencia de numerosas galerías, este caudal de recarga ha disminuido mucho su cuantía, por lo que al continuar las extracciones costeras mediante bombas, el proceso de intrusión marina es irreversible en las zonas bajas, lo que ha motivado el abandono de algunas captaciones muy antiguas.

Desde hace algo más de una década, paulatinamente se han ido substituyendo los volúmenes de agua extraídos por los pozos costeros por volúmenes obtenidos de galerías situadas a cotas altas; de tal forma que en el momento actual estos pozos elevan ya muy poco caudal. Este hecho ha mejorado sensiblemente la situación aunque debido al aumento de extracciones en la zona de la recarga, drenada por las galerías, no existen índices de una tendencia a una mejoría global sino a equilibrios parciales muy estrictos en el contenido en sales, que empeoran rápidamente cuando se reinicia el bombeo.

### Zona 2. Valle de Aridane-Barranco de Las Angustias.

Es este uno de los acuíferos costeros más estudiado del Archipiélago de Canarias. Su superficie abarca unos 20 kilómetros cuadrados y en ellos se ubican 22 pozos de gran diámetro; que extrayendo 16 hectómetros cúbicos/año constituye casi el 20% del volumen anual obtenido en la totalidad de la Isla. Toda la producción se emplea en regar los campos de platanera existentes en el propio Valle de Aridane. La investigación de este acuífero costero se ha efectuado mediante la perforación de 23 sondeos con profundidades que han variado entre 20 y 450 metros. El control se ha efectuado mediante la toma de muestras de agua y niveles estáticos y

dinamicos a la vez que 4 ensayos de bombeo de larga duraci3n. Fruto de todo ello fue el informe 01/85 emitido por el SGOPI en Canarias.

El acuífero se sitúa en diferentes formaciones. La zona Norte o sea la formada por el Barranco de Las Angustias y el de Tenisca, en sus zonas altas pertenecen a las Series Antiguas directamente o a través de subseries tales como la Serie del Time o los Aglomerados de Las Angustias. Las zonas costeras de esta parte, el acuífero se sitúa en conglomerados recientes (cuaternarios) o en la Serie Antigua y Reciente al igual que la zona central y sur de este acuífero costero.

En cuanto a los parámetros hidrológicos se puede resumir diciendo que la permeabilidad y coeficiente de almacenamiento son elevados para las Series Recientes y Conglomerados cuaternarios, decrecen estos valores para las Series Antiguas, tal y como se mencionó para la zona 1, y casi llegan a anularse para materiales tales como el Aglomerado de Las Angustias.

Las extracciones de esos 27 pozos no se sitúan repartidas por igual en los 20 kilómetros cuadrados de superficie. Existe una zona, la del cauce del Barranco de Las Angustias y el Barranco de Tenisca, donde por su especial configuración topográfica y geológica han proliferado más. De esta forma 14 pozos se sitúan en el 30% de la superficie y el caudal extraído por ellos, llega a alcanzar en ocasiones el 90% del total.

El régimen de extracción es continuo durante todo el año excepto en algunas pocas días donde por las lluvias se hace innecesaria la elevación de aguas para riego. Estas paradas en los bombeos, su duración, depende del régimen pluviométrico anual pero como máximo y sólo en ciertos años el cese de bombeo puede alcanzar los tres meses.

Como consecuencia de todo lo comentado los niveles piezométricos presentan muchas variaciones. SE ha comprobado que la pendiente del nivel freático, antes de que se produjera este régimen de extracciones, era del orden del 4%. En el momento de extracciones continuas no existe, en esa zona del Barranco de Las Angustias y Tenisca, un nivel piezométrico como superficie regular sino una serie de depresiones formadas por los conos de bombeo que se superponen sobre una superficie muy próxima al nivel del mar. Estos conos de depresión presentan, en los puntos de captación, niveles dinámicos situados por debajo del nivel del mar alcanzándose en algunos de ellos varias decenas de metros.

En la parte central y sur de esta zona el acuífero presenta un gradiente del 1% dejando muy marcadas las depresiones en los puntos de extracción de agua, pero de forma independiente y no solapándose debido a que aquí el caudal máximo de extracción lo marca y define el propio nivel dinámico y el empeoramiento de la calidad del agua, que actúa como un control directo de las extracciones. En esta zona la repercusión de los efectos de la intrusión marina, actúan más

rapidamente que en las zonas centrales y altas de los barrancos mencionados ya que además de una mayor proximidad a la costa, la permeabilidad de los terrenos donde se sitúa el acuífero es también mayor.

Durante los años 1.983 y 1.984 se efectuó un seguimiento semanal de todos los puntos de muestreo: pozos y sondeos. En él y en el tiempo perteneciente casi a la segunda mitad de 1.983, el régimen de extracciones continuo y la escasez de lluvias provocó el que la calidad fue empeorando paulatinamente y los niveles descendiendo, hasta producir la parada en pozos de toda la zona. A finales de 1.983 y hasta Marzo de 1.984 se produjeron las tan esperadas lluvias y con ello el cese en las extracciones. Con este hecho junto con un efecto de recarga directa del propio Barranco de Las Angustias los niveles, ahora ya estáticos, ascendieron y lo que es quizás más importante la calidad del agua mejoró ostensiblemente. Durante esta época se continuó muestreando, deduciéndose que el nivel freático tendía hacia una posición de equilibrio con un gradiente del 0'3%. Nótese la diferencia entre éste, correspondiente a tres meses de parada en las extracciones, y el mencionado teórico, en ausencia de captaciones, del 4%.

En cuanto a los efectos de empeoramiento de calidades debido a la intrusión marina cabe mencionar que ésta se produce de dos formas: una por desplazamiento horizontal tierra adentro desde la orilla y otra por ascenso en la vertical de cada captación. El hecho de que predomine una u otra es función de varias variables. Entre ellas cabría destacar: caudal de extracción, régimen de explotación, permeabilidad del acuífero y distancia a la costa. Así y de la conjugación de estas variables se constató que en algunos pozos del Barranco de Las Angustias y Tenisca presentaban un contenido en cloruros superior al de los pozos alineados con ellos y a menor distancia de la costa. Tal es el caso del cuarto pozo del Barranco de Las Angustias y del tercero del Barranco de Tenisca. En la parte central y sur de la zona, la intrusión marina actúa, como ya se ha dicho, muy rápidamente y quizás se superponen los dos caminos de la intrusión a la vez.

La recarga de este acuífero costero se produce de dos formas: una primera, por ser quizás la más espectacular, es la producida por el Barranco de Las Angustias al desaguar las aguas de escorrentía que recoge la Caldera de Taburiente. Los últimos 4 kilómetros de este Barranco, el lecho del cauce, está constituido por acarrees suprayacentes a materiales permeables lo que provoca una circulación subterránea de magnitud suficiente para subir los niveles y mejorar la calidad no ya de la zona situada justo en su vertical sino que sus efectos se amplían a las zonas situadas en ambas márgenes. Se ha constatado mediante los sondeos, principalmente, y mediante los pozos que en esos momentos, que coinciden siempre con un cese en las extracciones, la existencia de un domo en el acuífero situado en la vertical de este barranco. Esta circulación de aguas superficiales que genera esta mejoría momentánea y anual se ha cuantificado en 15 hectómetros cúbicos/



año La infiltración se produce sólo en estos últimos 4 kilómetros ya que aguas arriba de ellos los acarreos son de poco espesor y se sitúan directamente sobre un material, denominado Complejo Basal de muy baja permeabilidad y con una edad, quizás premiocénica y grado de alteración inusual en este Archipiélago.

La otra forma de recarga se produce en la parte situada al sur de este barranco. Aquí la recarga procede de las aguas de infiltración que se generan y circulan dentro de la Serie de Basaltos Antiguos. En las zonas altas, esto es aquellas distanciadas de las zonas de extracción y de los materiales recientes, el gradiente hidráulico supera en mucho a ese valor del 4% definido para el barranco de Las Angustias y en ausencia de captaciones.

Esta recarga es insuficiente para amortiguar el impacto que las extracciones puntuales producen sobre el acuífero. La demostración es clara en base a esos procesos de intrusión marina que se generan y que constituyen la respuesta del acuífero a una demanda excesiva. Por último comentar que ese domo al que se ha aludido en el barranco de Las Angustias, en los momentos en que se produce la recarga, tampoco es el suficiente para compensar la extracción de los 10 pozos situados en este barranco. En las épocas de extracción continua, esto es de marzo a octubre o noviembre, se ha comprobado que en donde había este domo hay ahora una depresión y que por tanto existe una inversión del flujo, desde las márgenes hacia el barranco, donde antes en esa época de recarga se generaba lo contrario.

#### LA GOMERA

Volumen de infiltración anual: 37 hm<sup>3</sup>/año  
Volumen de extracción anual: 9 hm<sup>3</sup>/año

#### Zona 1. Desembocadura de Valle Gran Rey.

Valle Gran Rey está situado en el suroeste de la Isla de La Gomera y está formado por un Valle profundamente excavado en la Serie de Los Basaltos Antiguos. La depresión en este Valle alcanza los 1.000 metros de desnivel. El cauce esta formado por acarreos del propio barranco que descansan sobre la Serie Basáltica Antigua I en su mitad más alejada al mar estando la otra mitad en la Serie Basáltica Antigua II. Ambas formaciones estructuralmente son, a grandes rasgos, similares y formadas por un apilamiento sucesivo de coladas y escorias en donde la antigüedad y los factores climáticos han producido un descenso muy acusado de la permeabilidad y porosidad inicial. Cabe incluir también dentro de esta Serie, los mantos de piroclastos y conos volcánicos donde al ser más fácilmente alterables y compactables la permeabilidad y porosidad son aún menores que las indicadas para los materiales más masivos. No obstante, existe una heterogeneidad muy marcada en el grado de alteración que presentan los materiales en función de su posición relativa dentro de la misma Serie o lugar en la Isla, debido al ataque de las aguas de infiltración y a la variabilidad climática, respectivamente.

Dentro de la Serie Basáltica Antigua el comportamiento hidrogeológico de ambas Series I y II es algo diferente. En principio y de forma general se puede afirmar que la Serie Antigua II presenta una permeabilidad mayor que su homónima la Serie I. Ello se debe a que los huecos y fisuras presentan un menor grado de oclusión, por ser menor el efecto de la alteración sobre los materiales de dicha Serie que los de la Serie I más antiguos.

El cauce del barranco integrado por esos acarreos, aún con una granulometría muy variable, constituye la unidad geológica más permeable. Esta formación adopta la forma de delta, al alcanzar la costa, creándose una explanación ganada al mar y apoyada sobre la Serie Antigua II. Es en este delta donde se sitúan los pozos que abastecen de agua a todo el cultivo de platanera de la zona baja de Valle Gran Rey.

El acuífero por tanto se sitúa, en las proximidades de la costa, sobre estos acarreos de barranco. Fuera del cauce y por debajo de él, el material soporte del acuífero son los asociados a la Serie Basáltica Antigua II.

A lo largo del año 1.985 se efectuó un estudio hidrogeológico de esta zona de Valle Gran Rey. En él se constató la existencia de un proceso avanzado de intrusión marina que afecta en mayor o menor grado a la totalidad de los pozos que extraen agua del acuífero situado en los acarreos. Únicamente dos pozos no presentaban estos efectos. En uno de ellos, ese hecho era debido a que se encuentra sobre la cota 125 y a más de 1.000 metros de la costa, extrayendo su caudal, con un nivel dinámico próximo al del mar, en la Serie Basáltica Antigua II. El otro pozo, que tampoco presentaba ese empeoramiento de calidades, extraía sus aguas mediante una galería, situada en el fondo del pozo y que alejándose de la costa explotaba el acuífero en esa misma Serie II. En el resto de las captaciones la calidad presenta actualmente el límite aceptable para ser admitida previamente mezclada con otras de mejor calidad, para el riego de plataneras. Incluso algunos pozos situados próximos a la costa actualmente se encuentran abandonados o solamente extraen aguas para usos muy restringidos.

El balance hidráulico, en esta zona de Valle Gran Rey demuestra que el agua que se puede extraer del acuífero costero sin producir los efectos de empeoramiento de calidad por intrusión marina, es inferior a la demanda del cultivo actual. Por ello es necesario la conducción de aguas de los dos pozos que explotan el acuífero en la Serie II. Ya que la situación es ésta se está estudiando actualmente, por parte de la Administración del Gobierno Autónomo de Canarias, el efectuar un embalse subterráneo en el cauce del barranco y con ello explotar íntegramente la recarga que subterráneamente circula por el barranco y se dirige a la zona costera. Resulta evidente que en la zona alta se puede explotar la integridad de este caudal mientras que en la zona costera parte de este caudal se debe dejar salir al mar para evitar los efectos de la intrusión. En el caso de realización del embalse subterráneo, resulta también evidente que la situación de los pozos que

actualmente presentan esos síntomas de intrusión marina, se verán afectados en la forma de un empeoramiento progresivo al interferir en el caudal de recarga. La solución a estudiar y en el momento actual no totalmente resuelta, debe contemplar el disminuir los caudales de extracción y compensar esta merma de disponibilidades con el agua obtenida del embalse subterráneo. Tampoco está totalmente resuelto el lugar de ubicación de la pantalla subterránea que generaría ese embalse. Se ha comentado que la mitad del cauce se sitúa dentro de la Serie II y la mitad restante más alejada del mar, en la Serie I. Si el emplazamiento se efectuase en la Serie I se lograría una mayor efectividad en el almacenamiento y regulación de las aguas embalsadas debido a la menor permeabilidad de estos materiales. En cambio el embalse en la Serie II quizás produjese una recarga sobre el acuífero que se explota, por medio de esos pozos comentados aunque a costa de una disminución, quizás excesiva, de su capacidad de almacenamiento.

### EL HIERRO

Volumen de infiltración anual: 21 hm<sup>3</sup>/año.

Volumen de extracción anual: 1'5 hm<sup>3</sup>/año.

#### Zona 1. Valle de El Golfo.

Es este acuífero costero junto con el ya comentado del Barranco de Las Angustias, los dos más investigados por la Administración en la provincia de Santa Cruz de Tenerife y quizás en la totalidad del Archipiélago. Este Valle formado por una plataforma costera de 7 kilómetros de longitud y de anchura máxima de 3 kilómetros se halla cerrado hacia el interior de la Isla por un escarpe rocoso, que en su zona más alta alcanza los 1.200 metros de altitud. Hasta hace poco más de cinco años se extendía en esta plataforma costera un próspero cultivo de plátanos que debido a los fuertes vientos reinantes en la zona se está paulatinamente sustituyendo por plantaciones de piña. Actualmente el 70% del caudal extraído en la Isla se efectúa en este acuífero costero.

Este acuífero se explota dentro de materiales volcánicos modernos de la Isla, estando únicamente sus zonas extremas en materiales pertenecientes a la Serie Antigua II. Para el caso de las Series Modernas los materiales que la forman están constituidos por una alternancia de coladas y escorias de poco espesor, muy fisuradas las primeras y con un índice elevado de huecos las segundas. La permeabilidad es por tanto muy elevada y el gradiente en esta zona supera escasamente el 1%. La recarga de este acuífero viene del interior de la Isla situada a falta de una confirmación más exacta, en la Serie Antigua II, donde se observan unos gradientes mayores pero que en ningún momento cabe esperar valores mayores del 3%.

En la zona de plataforma costera se sitúan 9 pozos y 32 sondeos realizados por el SGOPU durante la década de 1970. Efectuando tomas de niveles, muestreos hidroquímicos y registros de conductividad en profundidad, de forma periódica se ha llegado a conocer, con bastante detalle, el proceso

paulatino de la formación de una intrusión marina que ha llegado a afectar, en forma muy acusada, a 7 de los 9 pozos. Este proceso se produjo por desplazamiento horizontal para los pozos situados muy cerca de la costa, sin descartar el ascenso vertical y para las captaciones más alejadas de la costa, entre 1 000 y 2.000 metros, se ha producido siempre por ascenso vertical de la interfaz. Cuando se ha continuado las extracciones los sondeos han indicado que los efectos de empeoramiento de la calidad, avanzaban más rápidamente en la zona superior del acuífero que, en proporción, en el mismo pozo.

En los primeros años de la década de los 80 fue el momento de mayor producción agrícola y por tanto el de mayor régimen de extracción de caudales, hasta el punto que se alcanzaron los 1'5 hectómetros cúbicos/año. Ello provocó una intrusión marina que hacía llegar sus efectos hasta los 200 metros tierra adentro inutilizando totalmente 5 pozos en los que, en la mayoría, cesaron en la extracción de agua. Los restantes pozos situados más lejos de la costa y sobre todo dos de ellos, aumentaron sus caudales con objeto de satisfacer la nueva demanda y ello provocó la no recuperación de los primeros. En el momento actual son estos dos pozos los que más caudal extraen; aunque el total, por el cambio de cultivo, ha descendido a 1 hectómetro cúbico/año. Los pozos donde más se notó el empeoramiento de las calidades comienzan ahora a extraer pequeños caudales para abastecimiento propio pero nunca con un bombeo de régimen continuo.

En todas las islas se han indicado los caudales de infiltración y de extracción. Siempre el balance es positivo y aún así, como ha quedado expuesto, los casos donde se producen los efectos de la intrusión marina son muy numerosos en este Archipiélago. De todo ello puede concluirse en que este factor de empeoramiento de calidad, es debido más a una desordenada y caótica ubicación de las captaciones y un posterior exceso en las extracciones que a una escasez en la disponibilidad de agua.

Hasta aquí se ha pretendido exponer, en forma muy esquemática, cual es la situación de los acuíferos costeros de la provincia de Santa Cruz de Tenerife, en donde se ha constatado la presencia de los efectos de la intrusión marina. Ello no quiere decir que sean todos ya que se podría decir, sin peligro a equivocarse más que en contadas excepciones, que allí donde se ha perforado un pozo próximo a la costa y se ha comenzado a extraer el agua principia en ese momento el proceso de intrusión marina.

Debe tenerse en cuenta que los acuíferos costeros canarios son muy frágiles y las condiciones de equilibrio de la interfaz se encuentran en un estado muy estricto en la que cualquier alteración provoca un cambio espectacular en esas condiciones iniciales. Esta fragilidad está ocasionada por el bajo gradiente que adopta la superficie piezométrica y ello es debido a una elevada permeabilidad y un bajo valor del caudal de recarga.

Cuando se perfora un pozo canario cercano a la costa lo más usual es encontrar el nivel freático muy proximo al del mar. La perforación continuará hasta ese nivel, instalándose allí la bomba y elevando el caudal máximo que dé la instalación y sobre todo el nivel dinámico del agua; esto es se aumenta el caudal de bombeo hasta el límite estricto de aspiración de aire. Cuando este caudal es superior al caudal de recarga afectado por la instalación, lo cual constituye la generalidad de los casos, el pozo comienza a extraer aguas más antiguas que son fácilmente detectables por presentar un mayor contenido en ion bicarbonato para los aniones y sodio, magnesio y calcio para los cationes. Es ésta la primera llamada de alerta: la conductividad aumenta, la calidad empeora. Si como siempre se continua con el mismo régimen de extracciones el proceso de empeoramiento aumentará muy rápidamente como consecuencia de la intrusión marina hasta tender hacia un equilibrio en el aumento de la conductividad. Si este equilibrio se alcanza con una calidad válida para el uso destinado, lo cual depende del régimen de producción de la zona, y del propio pozo, la extracción continuará con lo que se comenzará a extender el empeoramiento sufrido por el pozo, a una zona más o menos amplia hasta alcanzar de nuevo un equilibrio. En la mayoría de los casos y debido al elevado número de pozos existentes en el Archipiélago (en el inventario efectuado en 1.979 se han contabilizado 5 179 pozos para la totalidad de las islas) y al escaso personal técnico existente, es en ese momento donde la Administración comienza a percibir la existencia del problema, cuando de hecho ya se ha provocado el mal.

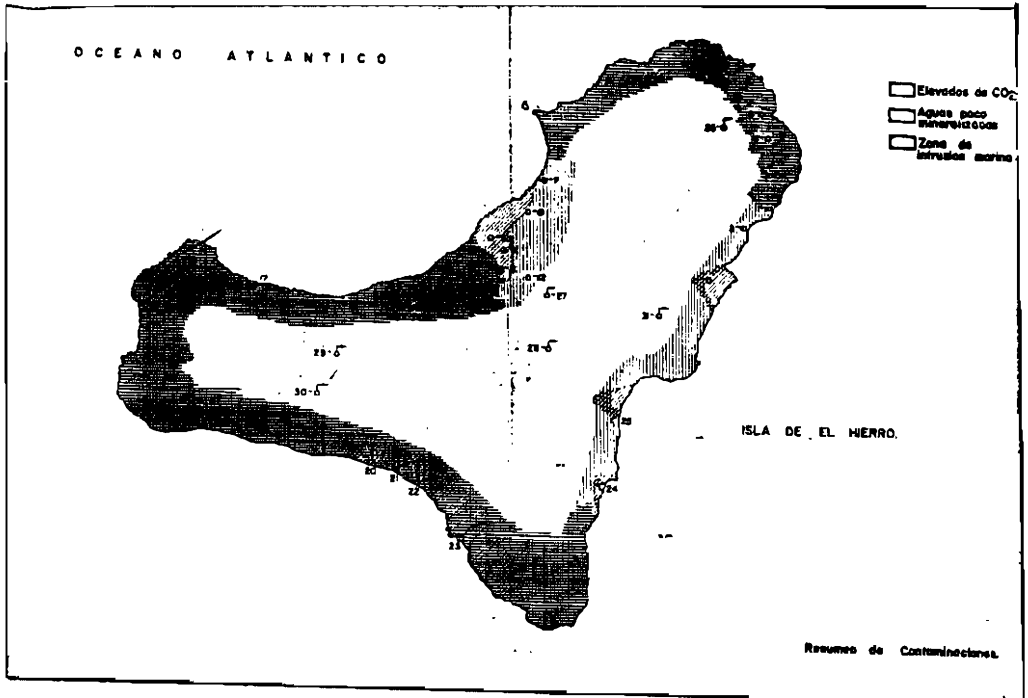
En cualquier caso tanto el rectificar el daño causado al acuífero como el evitar que se produzca, debe contemplar siempre entre otras cosas una reducción de caudales y eso hasta que a la Administración no se le dé potestad y medios para lograrlo es imposible que se produzca. Las nuevas tendencias políticas y sociales parecen estar ahora de acuerdo en lo primero: "la potestad" pero todavía no se ha logrado llevar a buen fin. En cuanto a lo segundo: "los medios", están muy lejos no sólo ya de conseguirse sino tan sólo de tenerse en cuenta. Fruto de todo esto es que se augura un extenso campo de trabajo en Canarias para aquellos que quieran estudiar la intrusión marina "in situ".

Contenidos en ion cloruro en alguno de los acuíferos costeros comentados en la presente comunicación. A modo comparativo se exponen los valores correspondientes a las aguas del acuífero en ausencia de extracciones (agua de recarga) y los máximos valores en pozos o sondeos.

<u>Zona</u>	<u>Pozo o sondeo</u>	<u>Agua de recarga</u>
Valle Gran Rey	23 meq/l	3 meq/l
Isla de La Gomera	(816'5 mg/l)	(106'5 mg/l)
Valle de El Golfo	14 meq/l	1 meq/l
Isla de El Hierro	(497 mg/l)	(35'5 mg/l)
Barranco de Las Angustias	107 meq/l	2 meq/l
-Valle de Aridane	(3.798 mg/l)	(71 mg/l)
Isla de La Palma		
Valle Guerra	28 meq/l	1 meq/l
Isla de Tenerife	(994 mg/l)	(35'5 mg/l)
Valle San Lorenzo-	62 meq/l	3 meq/l
Zona sur		
Isla de Tenerife	(2.201 mg/l)	(106 mg/l)

Valores de la permeabilidad para diferentes formaciones geológicas

<u>Formación</u>	<u>Permeabilidad (metros/día)</u>
Basaltos Antiguos	0'05 - 0'50
Fonolitas-Ignimbritas	0'10 - 0'50
Brechas-Aglomerados	0'30 - 0'75
Basaltos	1'50 - 8'00
Depósitos aluviales y materiales sedimentarios	5'00 -25'00



**EVOLUCION DE NIVELES EN EL BCO DE LAS ANGIUSTIAS**

