# *INTRUSION MARINA EN ACUIFEROS DE CANARIAS*

***Resumen***

***Introducción***

***Metodología de trabajo***

***Zonas de control***

- ***Gran Canaria***
  - *Zona de Galdar-Guía*
  - *Zona Arinaga-Tirajana*
  - *Zona de Maspalomas*
- ***Tenerife***
  - *Zona de Santa Cruz*
  - *Zona de Guimar*
  - *Zona de Valle de San Lorenzo*

***Conclusiones***

***Bibliografía***

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

# INTRUSION MARINA EN ACUIFEROS DE CANARIAS

Emilio La Moneda González. (IGME).

Ramón Olmedo Villarejo. (ENADIMSA).

## RESUMEN

En las Islas Canarias, y especialmente en las de Gran Canaria y Tenerife, existen en los acuíferos de la franja costera, áreas donde se detectan importantes intrusiones del agua del mar. En estas zonas, que presentan dificultades en su control, hay numerosas captaciones abandonadas por la mala calidad de sus aguas, pero se siguen explotando los acuíferos con captaciones situadas más al interior, en las que también se están notado los efectos de la intrusión marina.

## INTRODUCCION.

En el Archipiélago Canario, por sus características geográficas, hidrológicas y socioeconómicas, se dan las condiciones apropiadas para que la explotación de acuíferos en zonas costeras entrañen considerables riesgos de intrusión marina.

Esta intrusión se produce, en general, por efecto de la intensa explotación a que se someten los acuíferos situados en zonas en que la franja costera, considerada como tal hasta una cota de unos 200 m., alcanza anchuras superiores a los 2 Km.

La generalización y alcance de la intrusión depende de las cacterísticas hidrogeológicas de la zona, de las que son determinantes la permeabilidad de los materiales y la estructura geológica; y de los sistemas y magnitud de la explotación.

En este sentido, son factores impulsores de los fenómenos de intrusión en estas franjas, la presencia de materiales permeables de series volcánicas recientes y sedimentarios; y la fuerte demanda de agua a que están sometidas estas áreas, por ser zonas preferentes de asentamiento de cultivos y población.

Además de ello, en estas franjas suele haber una pluviometría inferior a los 200 mm/año, sumamente irregular, que limita, prácticamente, sus posibilidades de recarga a las aportaciones de los acuíferos más al interior y a los retornos

de riegos.

Se encuentran en estas condiciones la isla de El Hierro, gran parte de las de Lanzarote y Fuerteventura, los litorales sureste de Tenerife y Gran Canaria y las desembocaduras de los barrancos mayores del Archipiélago.

Así pues, existen áreas en estas franjas, como el Barranco de La Aldea, zonas de Telde y Arinaga, en Gran Canaria, y la zona Güimar a Adeje en Tenerife, en que la intrusión ha obligado prácticamente al abandono de las explotaciones por la calidad del agua.

El IGME, como otros Organismos, consciente de esta problemática inició, en 1979, dentro del Plan de Gestión y Coservación de Acuíferos (PGCA), el establecimiento de redes de control en las islas de Gran Canaria, Tenerife y La Gomera. Este plan, en el cual ha colaborado ENADIMSA, se ha continuado hasta la actualidad.

En la presente comunicación se expone, de un modo general, la metodología de trabajo utilizada, algunas de las conclusiones obtenidas sobre varias de las zonas de trabajo, en que los periodos de observación superan los cinco años; y algunos de los problemas peculiares de la región en relación con los acuíferos costeros.

## METOLOGIA DE TRABAJO

Hemos de señalar que el sistema de trabajo utilizado para establecer las redes de observación, el tipo de observaciones a realizar y las propias observaciones, se han visto seriamente limitados por factores externos a las metodologías de investigación habituales en este tipo de acuíferos.

En primer lugar, cabe destacar, la peculiaridad de las captaciones de la región. Se trata, en la mayor parte de las obras verticales, de pozos de unos 3 m. de diamétro excavados con explosivos hasta profundidades que superan los 300 m.

En estos pozos, en los que es frecuente el bombeo a caudal crítico, conforme se alcanza la zona saturada, es habitual la realización de obras secundarias (galerías, drenes, sondeos de fondo de diamétros muy variables, etc) que, con el descenso de niveles y caudales, se van quedando en tramos "superiores" proporcionando algunos caudales.

El conocimiento de estas obras secundarias, y sobre todo las de fondo, en la mayoría de los casos, es sumamente problemático por su carácter clandestino, ya que la legislación específica de la región, limita las obras por debajo de la cota cero.

Por lo tanto, la información que se puede obtener, de los tramos finales de estas captaciones, referente a materiales atravesados, caudales y calidad del agua es costosa, de difícil obtención y muy limitada e imprecisa.

En el caso de los sondeos, estas limitaciones son todavía mayores por las dificultades que presenta el reconocimiento de este tipo de obras.

Otro factor, limitante de los controles que se pueden establecer, es que muchas de las antiguas obras, en zonas fuertemente afectadas por la intrusión, están abandonadas, encontrándose cerradas o clausuradas, siendo prácticamente inaccesibles a efectos de muestreo.

En cuanto a los regímenes de bombeo, cabe señalar que la electrificación y automatización de las instalaciones, ha añadido inseguridad al conocimiento de las condiciones de muestreo químico, ya que en muchos de casos se desconocen los tiempos de bombeo, caudales de extracción, etc. Además de ello, estos regímenes, para periodos, mensuales o estacionales, suelen presentar grandes irregularidades por ser dependientes, en muchos casos, de demandas zonales mixtas, lo cual añade una mayor dispersión a las condiciones de muestreo.

Dadas estas condiciones, se decidió efectuar, como es habitual en el PGCA, dos campañas anuales de control, procurando efectuar las medidas en épocas coincidentes con el inicio de campaña de bombeo (octubre) y final de campaña (abril), con objeto de encontrar el mayor número de instalaciones abiertas y tener una, relativa, coincidencia con el comienzo y el fin de los bombeos para agricultura por su mayor entidad.

El trabajo habitual consiste en la medida de niveles, muestreo de agua para análisis en laboratorio, determinación de conductividad "in situ" y la toma de datos sobre régimen de bombeo y modificaciones en la obra o instalaciones.

Las redes de control se han establecido en las islas de Gran Canaria, Tenerife y La Gomera.

El control de acuíferos costeros se realiza únicamente en áreas de las de islas mayores; ya que, en La Gomera, donde se controlan los nacientes del acuífero central, no existe una red de observación costera específica, se trata de una serie de puntos dispersos en barrancos y con un periodo de observación inferior a los tres años.

La delimitación de zonas de control y de los puntos de las redes, dentro de cada una de estas islas mayores, se ha efectuado en base a información propia o preexistente. Se han tomando como límites la línea de costa, la cota 300 ó 400 m., en función de la topografía y profundidad de las captaciones, y unos límites laterales dependientes de las características

hidrogeológicas, socioeconómicas y geográficas del área.

## ZONAS DE CONTROL

### GRAN CANARIA

En esta isla se controlan cuatro zonas situadas al Noroeste (Galdar-Guía), Este (Telde-Ingenio y Arinaga-Tirajana) y Sur (Maspalomas). La zona de Telde-Ingenio tiene un periodo de observación de 3 años.

#### Zona de Galdar-Guía

Se extiende desde el Barranco de Moya hasta el de Galdar con una superficie de unos 40 km², en ella se controlan unos 20 puntos desde 1980.

La zona presenta una costa acantilada, salvo los dos pequeños aluviales de los barrancos antes mencionados, y tiene una topografía abrupta estando profundamente encajados los barrancos.

Los materiales existentes pertenecen a la Serie Basáltica I, Serie Fonolítica, Series Basálticas Post-Roque Nublo y formaciones sedimentarias, estando constituidos por coladas y piroclastos basálticos, coladas e ignimbritas fonolíticas y materiales detríticos ( aluviales, piedemonte, etc.).

El acuífero explotado se sitúa, generalmente, en materiales de la Serie Fonolítica y I Serie Post-Roque Nublo.

Las captaciones únicamente sobrepasan la cota cero en el área de Galdar y en la desembocadura del Barranco de Moya, donde se han encontrado contenidos en cloruros superiores a 1.000 ppm., a distancias de 1.000 m. y 500 m. de la costa, respectivamente, atribuibles a una incipiente intrusión a estas distancias.

En la Figura 1 se ha representado la variación de cloruros y conductividades en los pozos, numeros 424150026 y 424150005, situados en los barrancos de Galdar y Moya, para el periodo de control.

Como se puede observar, en el primero de ellos, parece existir un ligero aumento del contenido salino, presentando fluctuaciones importantes, que pudieran atribuirse a las condiciones de bombeo en el momento de muestreo.

En el segundo no es deducible un incremento significativo del contenido salino, pese a su proximidad a la costa ( 500 m.), lo cual podría ser atribuible a la baja permeabilidad de los materiales de la Serie Fonolítica en que se encuentra.

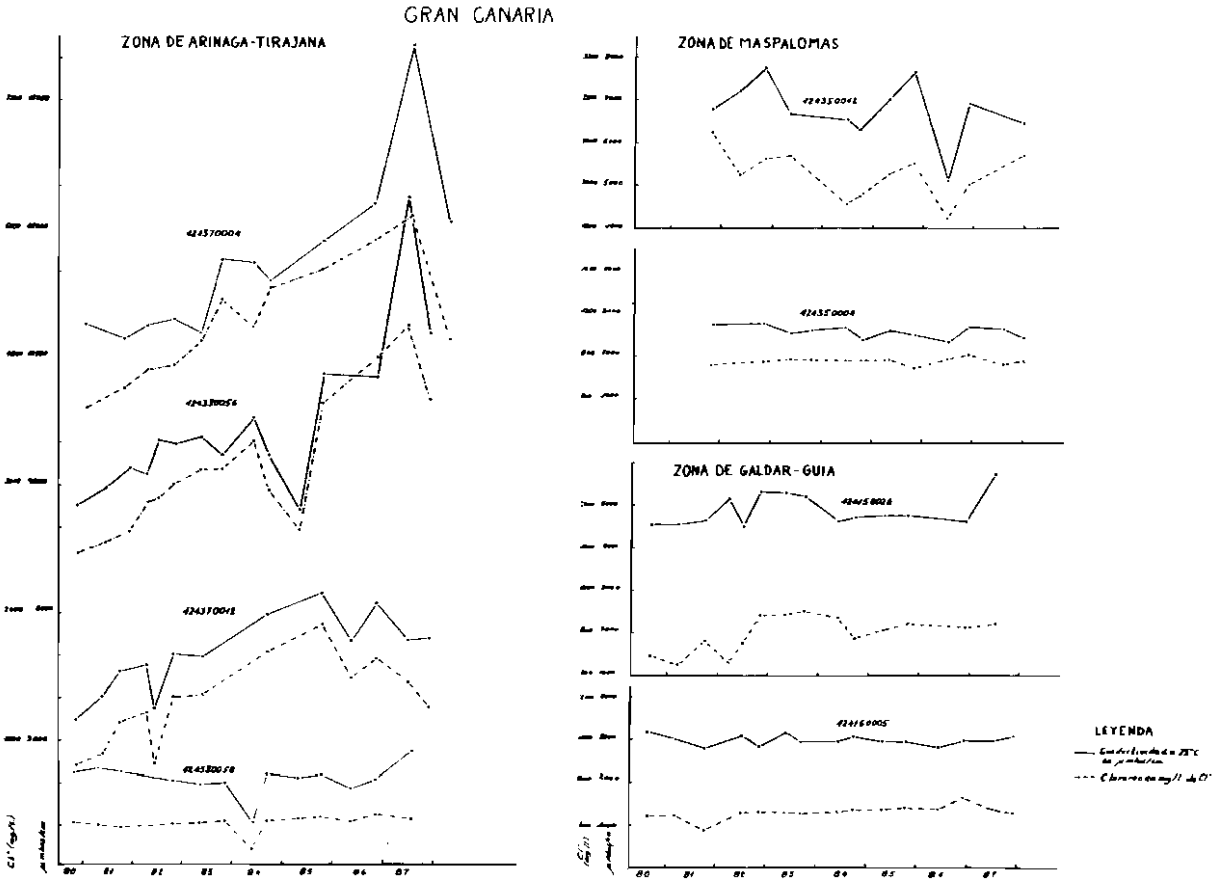
GRAN CANARIA
ZONA DE ARINAGA-TIRAJANA
424370004
424370018
ZONA DE MASPALOMAS
424350004
ZONA DE GALDAR-GUIA
424160005
LEYENDA

FIGURA 1

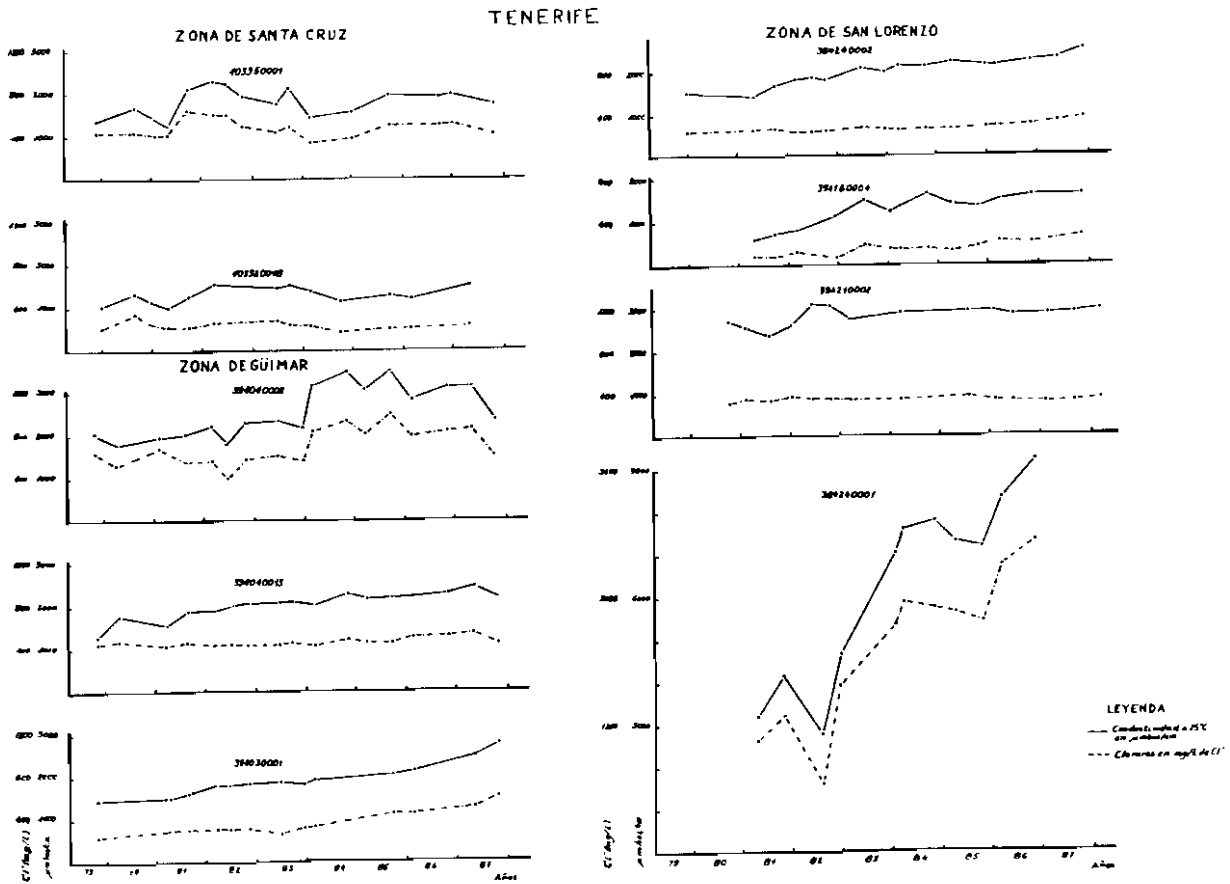
TENERIFE
ZONA DE SANTA CRUZ
ZONA DE GÜIMAR
ZONA DE SAN LORENZO
LEYENDA

FIGURA 2

Zona Arinaga-Tirajana.

Se extiende entre Juan Grande y el Cruce de Arinaga con una superficie de unos 110 $Km^2$, en ella se controlan unos 45 puntos desde 1980.

La zona corresponde al cono de deyección del Barranco de Tirajana y adyacentes, presentando una topografía suave.

Los materiales existentes pertenecen a la Serie Basáltica I, Serie Traquisienítica, Serie Fonolítica, Serie Roque Nublo, Series Basálticas Post-Roque Nublo y diversas formaciones sedimentarias, estando constituidos por coladas y piroclastos basálticos, coladas e ignimbritas de composición fonolítica y traquisienítica y materiales detríticos de origen diverso (aluviales, terrazas, piedemontes, etc.).

El acuífero regional explotado actualmente se sitúa en materiales de la Serie Basáltica I y coladas fonolíticas de la Serie Fonolítica, existiendo algunos niveles asociados a los depósitos sedimentarios y materiales volcánicos recientes. En la costa, los depósitos sedimentarios ganan espesor, y teniendo buena permeabilidad, están saturados, presentando aguas de muy mala calidad por su contacto directo con el mar.

La mayoría de los pozos en explotación sobrepasan la cota cero, alcanzándose en algunos casos más de 150 m. bajo el nivel del mar, existiendo amplios sectores deprimidos por bombeos durante gran parte del año en donde se dan isopiezas de - 60 m.

Se encuentran contenidos en cloruros superiores a las 1.000 ppm. en distancias a la costa, comprendidas entre los 1.000 m. y 7.000 m., que presentan una distribución irregular, atribuible a la presencia de materiales, de muy baja permeabilidad, de las series Traquisienítica y Fonolítica subyacentes, los cuales deben actuar de pantalla.

Los contenidos máximos en cloruros, observados en los puntos de la red, se sitúan en torno a las 3.000 a 5.000 ppm. para distancias de hasta 6.000 m. de la costa.

En la Figura 1 se ha representado la variación de cloruros y conductividad, para el periodo de observación, de cuatro puntos de la zona, situados en el Barranco de Tirajana cuyas distancias a la costa son las siguientes:

| Nº de Inventario | Distancia (m.) |
|---|---|
| 424370012 | 3.000 |
| 424370004 | 3.500 |
| 424330058 | 5.400 |
| 424330056 | 6.500 |

Como se puede observar, existen claros incrementos del contenido de cloruros en tres de ellos, comprendidos entre 1.000 y 2.000 ppm. En el 424330058 no existe prácticamente variación pese a su distancia a la costa, lo cual puede ser atribuible al posible efecto de barrera impermeable antes apuntado.

Zona de Maspalomas.

Se extiende entre los barrancos de Arguineguín y Fataga con una superficie de unos 125 km², en ella se controlan unos 20 puntos.

La zona presenta una topografía relativamente abrupta en la que se encajan fuertemente los barrancos, los cuales tienen aluviales mas o menos desarrollados, que en su desembocadura dan paso a abanicos de cierta entidad.

Los materiales existentes pertenecen a la Serie Basáltica I, Serie Traquisienítica, Serie Fonolítica, Serie Roque Nublo, primeros episodios de las Series Post-Roque Nublo y formaciones sedimentarias de origen diverso, estando constituidos por coladas y piroclastos basálticos y fonolíticos, ignimbritas y materiales detríticos (aluviales, terrazas, conos de deyección, etc).

El acuífero explotado se sitúa en materiales de la Serie Basáltica I y Serie Fonolítica, cuya permeabilidad es reducida.

La mayoría de los pozos se sitúan en el fondo de los barrancos y sobrepasan la cota cero alcanzando, en general, profundidades considerables, más de 100 m. en algunos casos, por debajo del nivel del mar. Sin embargo, se ha observado únicamente la existencia de depresiones puntuales (hasta -60 m.) debidas a bombeos.

Los contenidos en cloruros superiores a las 1.000 ppm. quedan relegados a las desembocaduras de los barrancos principales (Arguineguín, Ayagaures, etc.), en las que se encuentran a unos 3.000 a 5.000 m. de la línea de costa, pareciendo estar más en relación con intrusiones en los acuíferos de los materiales sedimentarios, que con el regional.

En la Figura 1 se han representado las variaciónes de cloruros y conductividad, para el periodo de observación, de dos de los puntos de la zona, situados a unos 3.500 m. de la costa, aunque su distancia a través del aluvial es mayor.

Como se puede observar en ambos, no existen tendencias claras de variación en los contenidos que sean atribuibles a la intrusión marina.

aunque su distancia a través del aluvial es mayor.

Como se puede observar en ambos, no existen tendencias claras de variación en los contenidos que sean atribuibles a la intrusión marina.

TENERIFE

En esta isla se controlan seis zonas situadas al Noreste (Santa Cruz), Este (Güimar), Sur (Valle de San Lorenzo - Adeje), Oeste (Guía de Isora) y Norte (Buena Vista-Punta del Hidalgo). En la presente comunicación por diversos motivos se han excluido las zonas situadas al Norte y Oeste.

Zona de Santa Cruz

Se extiende al Norte de Santa Cruz desde el Barranco Igueste al de Tahodio con una superficie de unos 30 km². En ella se controlan unos 15 puntos de desde 1979.

La zona presenta una costa muy abrupta, con grandes acantilados, en la que se abren paso diversos barrancos. La topografía continúa en las mismas condiciones hacia el interior y se alcanzan cotas de 1.000 m. a 6 km. de la línea de costa.

Los materiales existentes pertenecen a la Serie Basáltica Antigua, estando constituidos por coladas y piroclastos basálticos, algunas coladas fonolíticas, frecuentes diques que intruyen en esta formación y materiales detríticos (aluviales, piedemontes, etc).

El acuífero explotado se sitúa en materiales de la Serie Basáltica Antigua, de baja permeabilidad.

Las captaciones, emboquilladas en los aluviales, alcanzan, en los materiales basálticos, la cota cero o la sobrepasan en unos pocos metros.

En los puntos controlados, se ha observado que para distancias de 500 a 1.500 m. del mar (las menores), los contenidos en ión cloruro oscilan entre 200 y 900 ppm. y las conductividades son de 1.000 a 2.500 µmhos/cm, sin que se hayan podido apreciar variaciones en la calidad del agua atribuibles a efectos de intrusión marina.

En la Figura 2 se han representado las variaciones de estos parámetros en dos puntos de la zona.

Como se puede observar, existen fluctuaciones importantes en la calidad, las cuales son atribuibles a los regímenes de bombeo y condiciones de muestreo.

Zona de Güimar

Se extiende desde Barranco Hondo hasta La Ladera, al Sur de Güimar, con una superficie de unos 35 km², controlándose unos 15 puntos.

La zona presenta una topografía en cuesta, que se inicia en una costa acantilada excepto en la desembocadura del Barranco del Fregenal.

Los materiales existentes pertenecen a formaciones que van desde la Serie Basáltica Antigua hasta las series basálticas recientes, existiendo formaciones detríticas. Litológicamente están constituidos por coladas y piroclastos basálticos y fonolíticos, aglomerados, tobas, pumitas, etc. y materiales sedimentarios (aluviales, terrazas, etc.).

Los acuíferos de la zona se sitúan en los materiales de la Serie Basáltica II y Serie Basáltica I, estando separados por una formación aglomerática de baja permeabilidad ("Mortalón").

El acuífero inferior, situado en la Serie I, presenta características de semiconfinamiento y aguas de buena calidad. El acuífero superior, situado en la Serie II, es libre y está en contacto con el mar y presenta aguas de peor calidad.

Las captaciones, emboquilladas en el acuífero superior, alcanzan la cota cero o la sobrepasan en algunos metros dentro de este acuífero. Algunas de ellas, en general mediante obras secundarias, atraviesan el "Mortalón" y alcanzan el acuífero inferior a cotas inferiores a los -30 m.

En La Figura 2 se han representado las variaciones de conductividad y cloruros, para el periodo de observación, de tres de esta captaciones situadas a unos 1.500 m. de la costa, estando comprendidas entre los 200 y 800 ppm. de $Cl^-$ y los 1.500 a 3.500 µmhos/cm.

Como se pueden observar, existe una cierta intrusión en este acuífero a esta distancia del mar y algunas captaciones, más próximas, ya se han abandonado por su salinidad.

Sin embargo, hemos de señalar que las captaciones que por medio de obras secundarias alcanzan el acuífero inferior, a pesar de encontrarlo en ocasiones a profundidades superiores a los 50 m. bajo el nivel del mar, éste presenta, en general, en las muestreos efectuados en fondo de pozo, aguas de buena calidad con 300 µmhos/cm de conductividad.

Zona de Valle de San Lorenzo.

Se extiende desde el Barranco del Río hasta el del Infierno con una superficie de unos 200 km², controlándose en ella unos

20 puntos de agua.

Los materiales existentes, como en la zona anterior, pertenecen a formaciones que van desde la Serie Basáltica Antigua a las series basálticas recientes existiendo formaciones sedimentarias. Estos materiales están constituidos por coladas y piroclastos basálticos y fonolíticos, aglomerados, tobas, pumitas, etc., traquifonolíticas y materiales detríticos (aluviales, terrazas, dunas, etc).

El acuífero regional se sitúa en materiales de la Serie Antigua y Serie Cañadas.

Las captaciones que explotan este acuífero alcanzan en su totalidad la cota cero , sobrepasándola frecuentemente en algunos metros.

Los contenidos en cloruros superiores a los 1.000 ppm., en la actualidad, se encuentran a distancias de 4.000 a 6.000 m. de la costa (aproximadamente, la cota 200 m.), habiéndose abandonado la mayoría de los pozos situados en esta franja.

Hemos de señalar, que en esta franja la mayoría de los pozos presentaban fluctuaciones estacionales del contenido en ión cloruro, de costa hacia el interior, de unas 750 a 100 ppm., que son atribuibles a las recargas de "aguas arriba" y regímenes de bombeo.

En la Figura 2 se han representado las variaciones de conductividad y cloruros de cuatro puntos de esta zona para el periodo de control.

Como se puede observar, en uno de ellos, 384240001, existe un progresivo aumento del contenido en ambos parámetros. Esta captación se encuentra situada en la franja antes definida y a unos 3.000 m. de la costa.

Las otras tres captaciones, situadas más al interior de la franja (de 5.000 a 8.000 m. de la costa), presentan fluctuaciones muy reducidas y un aumento moderado, y progresivo, de salinidad en dos casos (384240002 y 394160004), mientras que en la restante (394210002), la variación es inapreciable.

## CONCLUSIONES.

Del conjunto de las zonas observadas se puede deducir que:

- Existen zonas en la franja costera de Gran Canaria y Tenerife, que alcanzan anchuras de hasta 5 ó 6 km, en donde por efecto de la intrusión marina, las aguas presentan calidades que las hacen de difícil utilización.

- La amplitud de estas franjas depende de la topografía.

permeabilidad y estructura de los materiales subyacentes y de los regímenes de bombeo a que han estado sometidas.

- No se aprecian disminuciones generalizadas en la intrusión atribuibles a recargas por lluvia de carácter anual o interanual. Sin embargo, se aprecian fluctuciones dependientes de los regímenes de bombeo, que serían indicativas de la existencia de recargas contínuas de "aguas arriba", por efecto del flujo de descarga radial, cuya entidad depende de las características hidrogeológicas de la zona.

- Se presentan problemas en la determinación de las condiciones puntuales de muestreo químico, por lo que sería aconsejable la utilización de puntos de control específicos.

- Existen zonas donde el deterioro de la calidad es progresivo y contínuo. En estas zonas es deseable la limitación de su explotación e implatación de regímenes de bombeo no dependientes de las puntas de la demanda de agua.

- En las zonas en donde la degradación de la calidad del agua es suficientemente importante, sería aconsejable la utilización de recursos no convencionales para su mejora mediante recarga artificial y creación, en caso de su posibilidad, de barreras.

Finalmente, dada la proliferación de la utilización de captaciones, en zonas ya intruidas, para potabilización, sería deseable el estricto control de su implatación, ya que son elementos que favorecen la persistencia y generalización de la intrusión.

## BIBLIOGRAFIA

Estudio Científico de los Recursos de Agua en las Islas Canarias. (SPA/69/515). UNESCO-MOP. 1974.

Proyecto MAC-21. Comisión Interministerial Coordinadora de las Actuaciones del Estado en Materia de Aguas en las Islas Canarias. 1979.

Plan de Gestión y Conservación de Acuíferos. Instituto Geológico y Minero de España. 1979-1988.( Varios informes).

Proyectos para estudios de asesoramiento técnico en materia de aguas subterráneas a las Administraciones Públicas. Instituto Geológico y Minero de España. 1983-1988. (Varios informes).

Plan de Abastecimientos a Núcleos Urbanos mediante aguas subterráneas. (PANU). Instituto Geológico y Minero de España. 1981-1986. (Varios informes).

Control piezométrico y de calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos costeros de la isla de Gran Canaria. Análisis periodo 1979.1983. IGME. 1984.