

# **PROBLEMAS DE SOBREEXPLOTACION E INTRUSION MARINA EN LOS ACUIFEROS COSTEROS DEL LITORAL ATLANTICO ANDALUZ**

## **Resumen**

### **1. Introducción**

### **2. Análisis de la situación actual**

#### **2.1. Características generales de los acuíferos**

#### **2.2. Situación Actual. Problemas de sobreexplotación e intrusión**

2.2.1. *Acuíferos en los que no se han detectado fenómenos de intrusión marina*

2.2.2. *Acuíferos en los que la intrusión marina tiene un carácter puntual*

2.2.3. *Acuíferos en los que la intrusión marina tiene un carácter zonal*

### **3. Reflexiones para futuras actuaciones**

### **4. Bibliografía recomendada**

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

PROBLEMAS DE SOBREEXPLOTACION E INTRUSION MARINA EN LOS ACUIFEROS COSTEROS DEL LITORAL ATLANTICO ANDALUZ.  
=====

- Ramón MANTECON GOMEZ.- COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.
- Miguel MARTIN MACHUCA.- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.
- Carlos MEDIAVILLA LASO.- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.

RESUMEN.

A lo largo de los más de 250 kilómetros de costa atlántica, que posee la Comunidad Autónoma Andaluza, se localizan una serie de acuíferos detríticos con una superficie conjunta próxima a los 3.500 km<sup>2</sup> y cuya recarga natural media se ha estimado en unos 425 hm<sup>3</sup>/año.

La explotación actual de estos acuíferos, orientada a atender la creciente demanda agrícola de la zona, propiciada por la masiva implantación de cultivos forzados, y la importante demanda estival originada por la fuerte expansión del sector turístico, ha provocado ya algunos fenómenos de intrusión marina de carácter local o puntual, que hacen necesaria la urgente adopción de las oportunas medidas, tanto de carácter técnico como administrativas y legales que eviten un agravamiento de la situación, lo que conllevaría un elevado coste económico y social.

## 1.- INTRODUCCION.

El seguimiento de la evolución de los acuíferos que desde 1.975 realiza el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), y la interpretación de los datos generados, tanto por el propio IGME, como por otros organismos, permite hacer un diagnóstico de la situación en que se encuentran los acuíferos del litoral atlántico andaluz, en lo que se refiere a la intrusión marina.

Es posible también, en base al conocimiento que sobre las características hidrogeológicas y componentes del balance hídrico se tienen, prever la evolución de este fenómeno de la intrusión de persistir o incrementarse, sin el necesario ordenamiento, el actual grado de explotación.

Se pretende en esta comunicación, exponer la situación actual, teniendo en consideración al mismo tiempo, actuaciones que a nuestro juicio sería oportuno aplicar con la participación de administración, técnicos y usuarios, a fin de conseguir un aprovechamiento de las aguas subterráneas más racional, ordenado y justo.

Con el fin de facilitar la comprensión de las ideas expuestas en esta comunicación, se ha huido voluntariamente y dentro del rigor exigido, del dogmatismo de las cifras, remitiendo a aquellas personas que estuvieran interesadas en profundizar sobre estas cuestiones a la bibliografía recomendada en el apartado 4.

## 2.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL.

### 2.1. Características generales de los acuíferos.

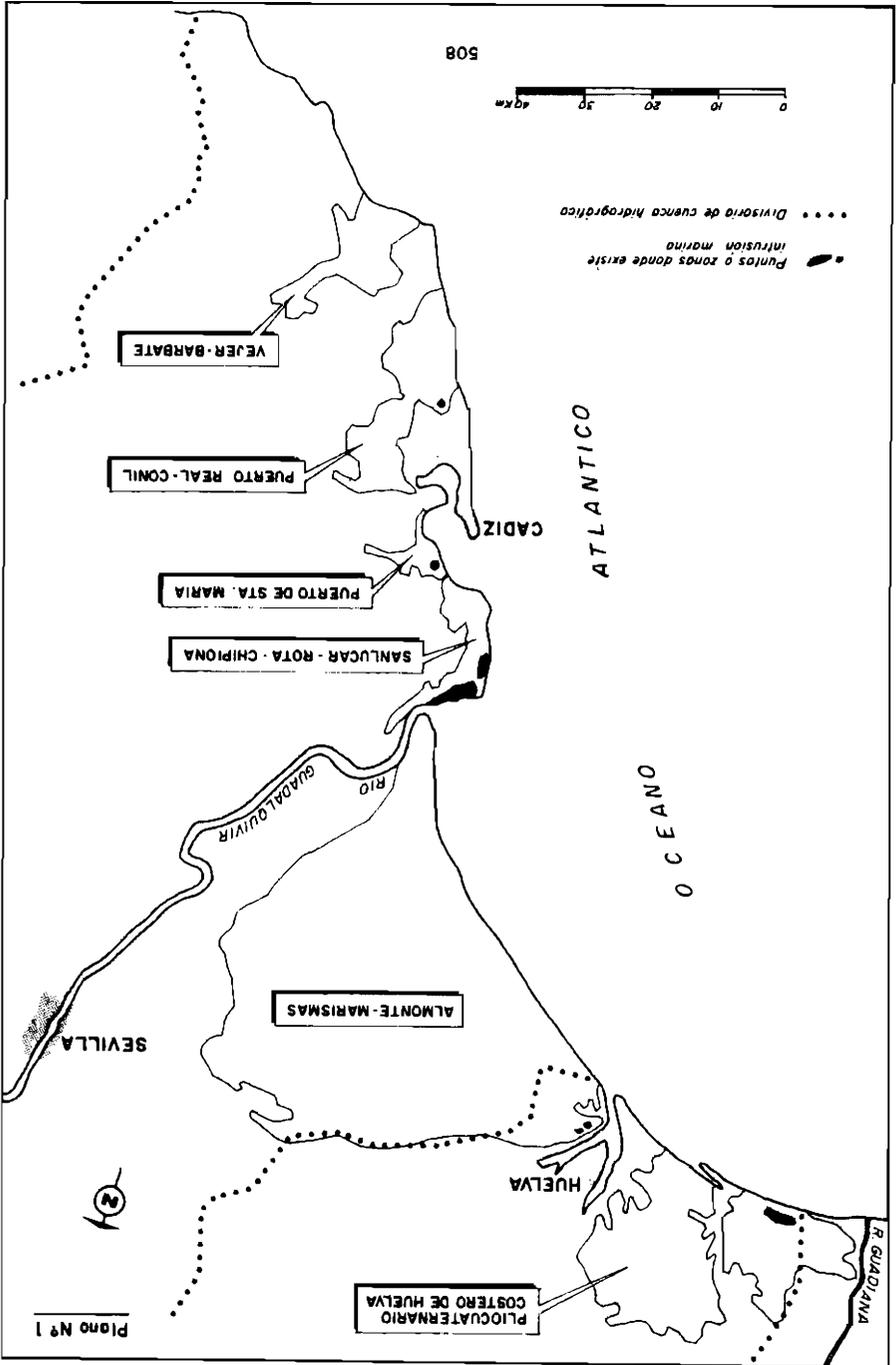
A lo largo del litoral atlántico andaluz, comprendido entre Tarifa y la desembocadura del Guadiana, se localizan seis acuíferos detríticos cuya extensión superficial conjunta se aproxima a los 3.500 km<sup>2</sup> (ver cuadro 1 y plano N°1).

En todos los casos las formaciones permeables corresponden a sedimentos detríticos del Terciario y Cuaternario (arenas, areniscas, gravas, limos etc...) cuyos espesores varían de unas zonas a otras y según los acuíferos entre los 10 y los 200 metros. La recarga natural media para el conjunto de estos acuíferos, se evalúa en unos 425 hm<sup>3</sup>/año, mientras que la explotación asciende a unos 140 hm<sup>3</sup>/año, con una distribución espacial muy irregular.

CUADRO N°1 ACUIFEROS DEL LITORAL ATLANTICO ANDALUZ.

ACUIFERO	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	RECARGA NATURAL MEDIA (hm <sup>3</sup> /a)	EXPLORACION (hm <sup>3</sup> /año.)
Pliocuaternario costero de Huelva.S.Acuíf. N° 25	600	100	34
Almonte-Marismas S.A. N°27	2400	260	55
Sanlúcar-Rota-Chipiona (*)	88	8,5	9
Puerto de Santa María (*)	40	5,5-6	4
Puerto Real - Conil (*)	210	20-25	13
Vejer - Barbate (*)	145	30	25
	3.483	424-430	140

(\*) ACUIFEROS COSTEROS DE CADIZ. S.A. N° 33.



## 2.2. Situación Actual. Problemas de sobreexplotación e intrusión.

En función de la existencia o no de fenómenos de intrusión marina, así como del área afectada por los mismos, los acuíferos costeros del litoral atlántico andaluz, se han agrupado en tres categorías diferentes.

### 2.2.1. Acuíferos en los que no se han detectado fenómenos de intrusión marina.

En este grupo tan solo se encuentra el acuífero de Vejer Barbate (plano N°2). El hecho de que hasta ahora no se hayan detectado contenidos ni incrementos anómalos en los parámetros indicadores de la intrusión salina, no quiere decir que no exista un elevado riesgo de que ésta llegue a producirse por un aumento de las extracciones en las áreas costeras y en las proximidades de las marismas del río Barbate, donde la demanda urbana es elevada.

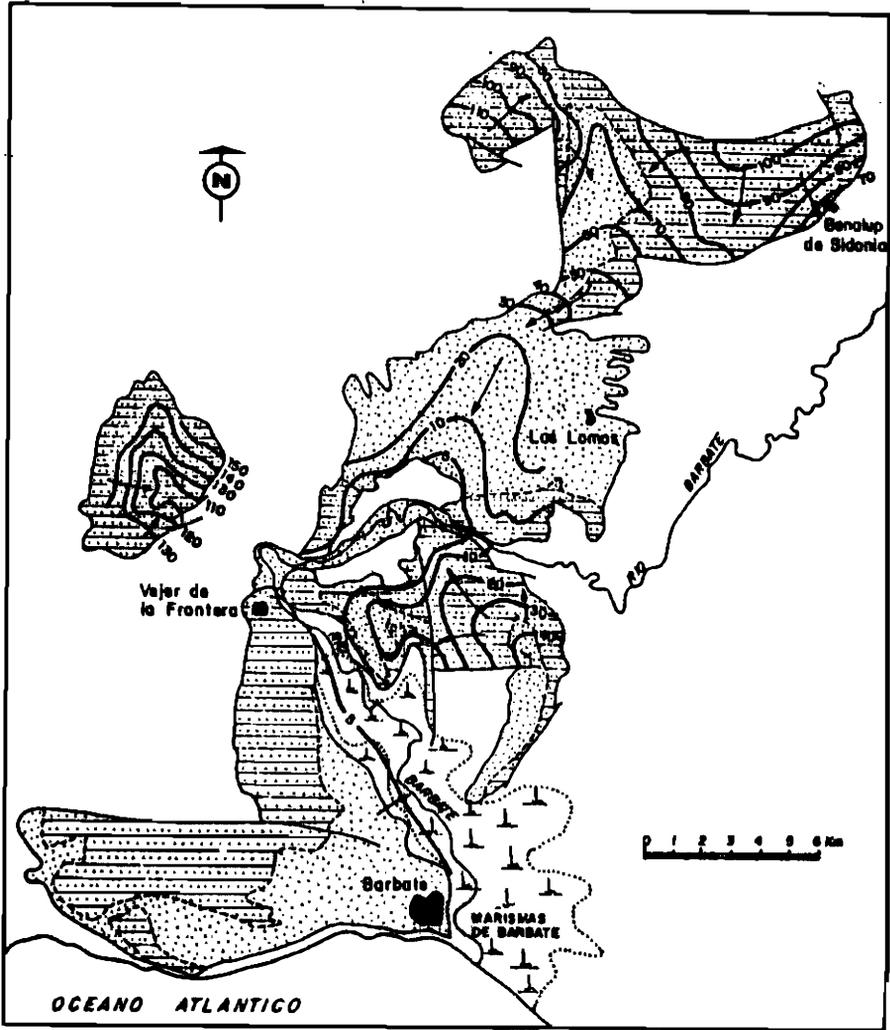
### 2.2.2. Acuíferos en los que la intrusión marina tiene un carácter puntual.

En este grupo se encuentran los siguientes tres acuíferos.

- Acuífero Almonte Marismas. Las especiales circunstancias naturales que concurren en este acuífero por la existencia de una formación de dunas costeras (plano N°3) que actúan de barrera natural frente a la intrusión, así como la legislación especial que regula las explotaciones de agua subterránea, han permitido mantener un excelente grado de protección frente al problema de la intrusión salina en éste acuífero.

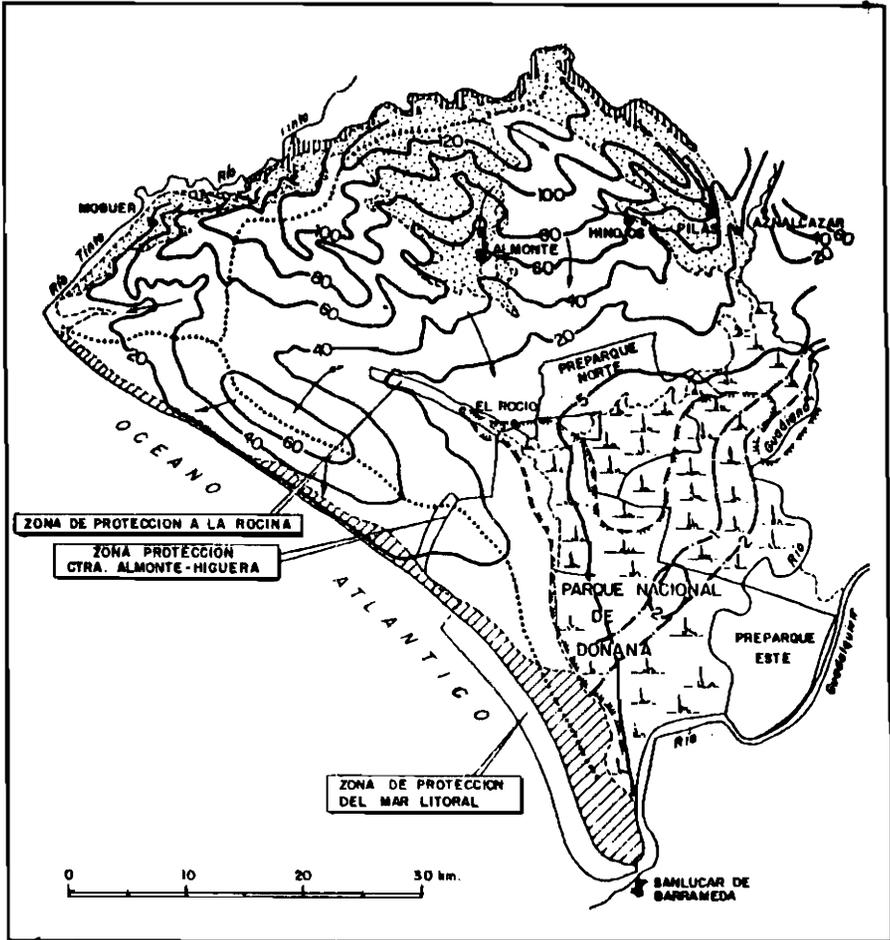
Sin embargo en el extremo noroccidental del acuífero (sector Palos-Moguer-Lucera) donde, en los últimos años, se ha producido un importante incremento de las explotaciones para atender los cultivos de regadío, fundamentalmente fresas con unas 1.700 has, se han detectado de forma puntual incrementos

MAPA HIDROGEOLOGICO · ACUIFERO VEJER - BARBATE



-  Aluvial, dunas, derrubios de lodera. CUATERNARIO
-  Arenas y calcarenitas. MIOCENO - PLOICENO
-  Marismas.
-  — 2 — Línea isopiezo y cota en m.s.n.m. (1981)
-  Dirección y sentido del flujo subterráneo.

MAPA HIDROGEOLOGICO · ACUIFERO ALMONTE-MARISMAS



- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  | Playas, dunas actuales o barra costera Arenas Cuaternario. MUY PERMEABLE.  |  | —60— Curva isoplezométrica (1982).                   |
|  | Marismas Cuaternario. IMPERMEABLE.   |  | —>— Dirección del flujo subterráneo.                 |
|  | Arenas basales, terrazas, mantos edicos, dunas antiguas y formación roja Cuaternario - Pliocuaternario. MUY PERMEABLE. |  | ..... Divisorio de aguas subterráneas.               |
|  | Limos basales. Plioceno. SEMIPERMEABLE - PERMEABLE.  |  | - · - · - · Límite de zona con artesianismo.         |
|  | Margas azules. Plioceno - Mioceno. IMPERMEABLE.  |  | ----- Límite Parque Nacional de Doñana y Preparques. |
|   |  |  | - - - - - Curva de igual salinidad en gr/l.          |

en las concentraciones de cloruros y en los valores de conductividad eléctrica, indicativos de una incipiente contaminación por intrusión salina.

Pese a que en la actualidad este fenómeno presenta un marcado carácter puntual y a que se importan recursos ajenos al acuífero, la excesiva concentración de explotaciones así como el aumento incontrolado y anárquico de las mismas, para atender la creciente demanda agrícola de la zona, hace prever un agravamiento de la situación a corto-medio plazo lo que, dado el carácter irreversible del fenómeno, podría llegar a provocar un auténtico desastre económico y social.

- Acuífero del Puerto de Santa María. Sobre este acuífero se orientan importantes centro de consumo de carácter estacional (urbanizaciones, zonas deportivas y de recreo, etc..) que se abastecen en su mayor parte con aguas subterráneas captadas en el propio acuífero.

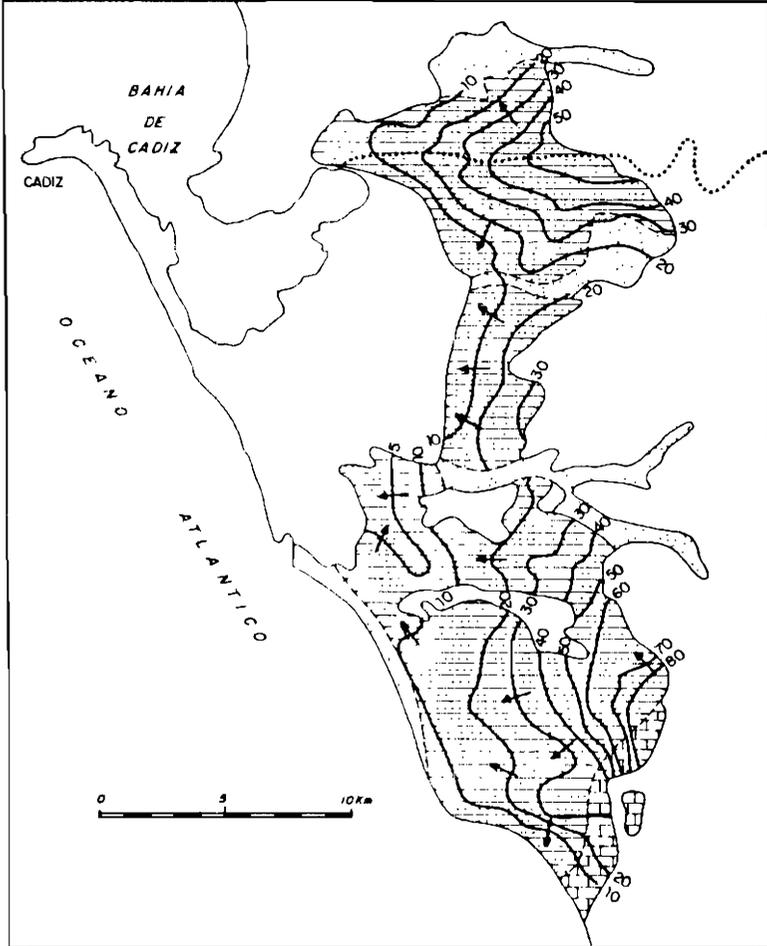
Aunque a nivel global, la recarga natural media supera al volumen anual medio de las extracciones, los núcleos de bombeo se concentran preferentemente en las zonas costeras próximas a los centros de consumo, lo que constituye un riesgo evidente de cara a la aparición de fenómenos de intrusión marina.

De hecho en puntos aislados del sector occidental del acuífero, ya se han detectado significativos aumentos en las concentraciones de cloruros así como en los valores de conductividad eléctrica (Plano N°1).

- Acuífero de Puerto-Real-Conil de la Frontera. - En este acuífero (Plano N°4), se han detectado indicios de intrusión salina de carácter puntual en explotaciones situadas al suroeste de Chiclana de la Frontera (coto de San José).

Al igual que en el acuífero del Puerto de Santa María en la franja costera de este acuífero existen gran número de urbanizaciones que se abastecen de modo preferente con aguas -

MAPA HIDROGEOLOGICO ACUIFERO PUERTO REAL - CONIL



 Arenas, limas y gravas (Depósitos aluviales, dunas y depósitos litorales) CUATERNARIO

 Arenas, areniscas MIOCENO - PLOCENO

 Areniscas calcáreas MIOCENO

 10 Línea isopieza y cota en msnm

 Dirección y sentido del flujo subterráneo

 División de cuencas hidrográficas (Guadalequivir - Guadalete)

subterráneas por lo que el riesgo de intrusión marina es elevado, pese a que, a nivel global, el acuífero es claramente excedentario.

### 2.2.3. Acuíferos en los que la intrusión marina tiene un carácter zonal.

Los acuíferos incluidos en este grupo presentan problemas de intrusión marina de mayor entidad, ya que afectan a zonas más o menos amplias, en las que se ubican gran número de captaciones destinadas a atender la demanda agrícola y/o urbana de las mismas.

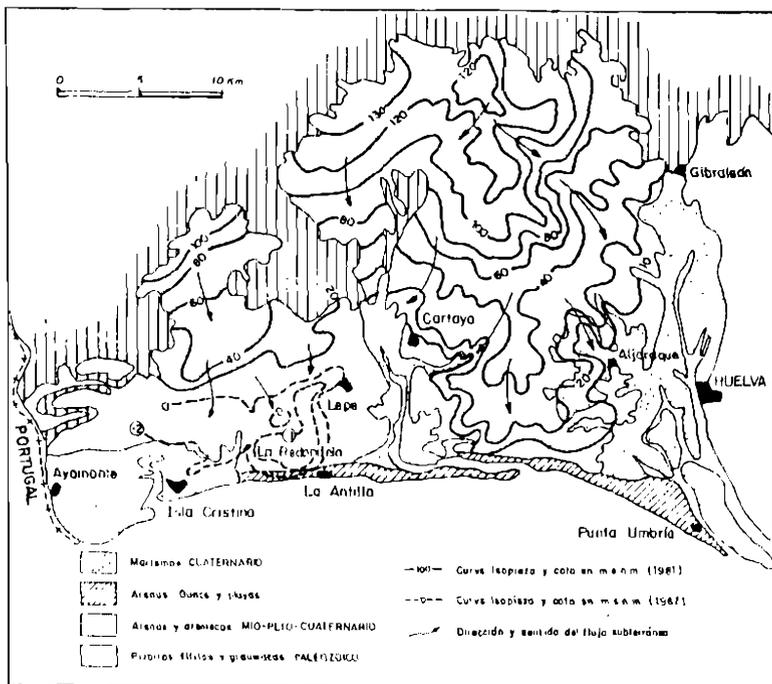
- Acuífero Pliocuaternario costero de Huelva. La recarga natural media en éste acuífero se cifra en unos  $100 \text{ hm}^3/\text{año}$ , mientras que las extracciones se han evaluado en unos  $34 \text{ hm}^3/\text{año}$  ( $28 \text{ hm}^3/\text{año}$  para el regadío de unas 6.000 has de cítricos, fresas, huertas y frutales y  $6 \text{ hm}^3/\text{año}$  para abastecimiento urbano), lo que significa que, a nivel global, el acuífero es claramente excedentario.

Sin embargo, la excesiva concentración de explotaciones próximas a la línea de costa, ha provocado una sobreexplotación localizada en el sector Lepe-La Redondela, que se manifiesta por un descenso de los niveles piezométricos del área (plano N°5) y por un progresivo y significativo aumento en las concentraciones de cloruros y en la conductividad eléctrica. (Plano N°6).

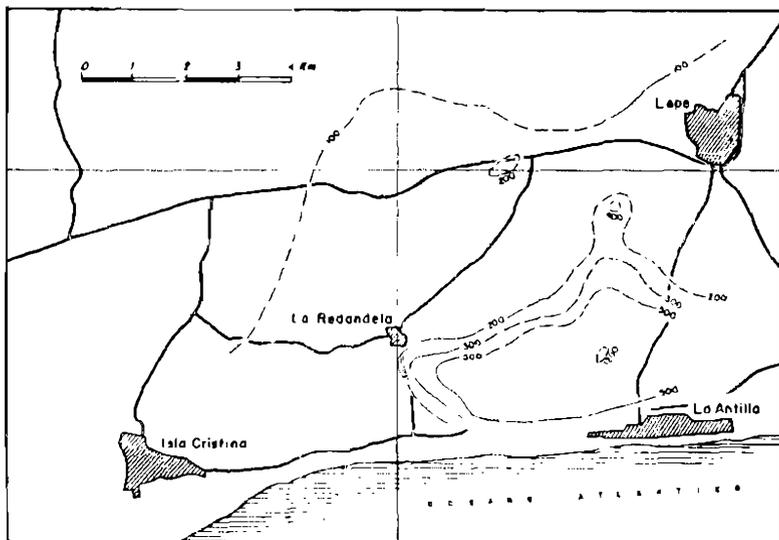
Ante esta situación, y a fin de llevar un mayor control de la evolución del acuífero, fundamentalmente en el sector Lepe-La Redondela, el I.G.M.E. ha realizado recientemente 14 nuevos sondeos de seguimiento e investigación con un total de 1.536 metros.

A corto plazo y de persistir las actuales condiciones de explotación, el problema se puede ver agudizado, ya que al tratarse de un área costera la depresión piezométrica originada por los bombeos (con cotas absolutas del nivel piezome-

MAPA HIDROGEOLOGICO · ACUIFERO PLIOCUATERNARIO DE HUELVA Plano Nº 5



MAPA DE ISOCLORUROS EN EL SECTOR LEPE-REDONDELA (Dic.1986) Plano Nº 6



trico local inferiores al nivel del mar) favorecerá el avance de la intrusión marina causando la salinización de los pozos en todo el área.

- Acuífero Sanlucar-Rota-Chipiona. En éste acuífero el problema es aun más grave que en el acuífero Pliocuaternario costero de Huelva, ya que a diferencia de aquel, en éste las extracciones a nivel global superan al valor medio de la recarga natural, pudiéndose afirmar que el acuífero se encuentra sobreexplotado.

En la mayor parte del tercio norte, el muro del acuífero se sitúa a cotas por debajo del nivel de mar (plano N°7), y es en esa zona donde se concentran los principales núcleos de bombeos destinados al riego de unas 1.000 has., con dotaciones próximas a los 10.000 m<sup>3</sup>/ha/año.

Todo ello ha provocado en esta zona un rápido avance de la interfase agua dulce-agua salada, que ha obligado ya al abandono de numerosas obras de captación en la franja costera comprendida entre Sanlucar de Barrameda y Chipiona y a realizar riegos con aguas de un contenido salino alto, lo que implica un elevado riesgo de salinización de los suelos con la consiguiente merma de producción de los mismos.

### 3.- REFLEXIONES PARA FUTURAS ACTUACIONES.

En este apartado, se sugieren una serie de actuaciones tanto de carácter administrativo y legales, como de carácter técnico, tendentes a paliar los problemas de intrusión marina y partiendo del hecho de que se trata de un problema múltiple y complejo y que la aplicación de medidas preventivas serán siempre mucho más eficaces que las correctoras.

Como quedó recogido en el I Simposio de Salinización de Aguas y Suelos, celebrado el pasado mes de Abril en Granada, el marco de actuación en el tratamiento de los problemas de intrusión debe ser la PLANIFICACION HIDROLOGICA.

SANLUCAR DE BARRAMEDA

CHIPIONA

Plano N° 7



0 1 2 3 Km

LEYENDA

-  CUATERNARIO RECIENTE
-  CUATERNARIO MEDIO
-  CUATERNARIO ANTIGUO
-  PLIOCENO CONTINENTAL
-  IMPERMEABLE

10 ——— COTA EN m s n m. DEL MURO DEL ACUIFERO

1500 - - - - - LINEAS ISOCLORUROS (mg/l) NOV 1986

PLANO DE ISOBATAS  
DEL MURO DEL ACUIFERO E  
ISOCONCENTRACION DE CLORUROS

ROTA

La Mota

Para tal fin, será imprescindible desarrollar, adecuadamente y sobre todo, aplicar la legislación vigente, dotando a las administraciones competentes del personal y los medios necesarios. Investigación, toma de decisiones, aplicación de medidas lógicas y oportunas, seguimiento, vigilancia y control, deben ser conceptos de uso corriente en la lucha contra la intrusión salina.

Es así como se podrá abordar con éxito el grave problema que se deriva del aprovechamiento irracional y sobreexplotación de los acuíferos subterráneos.

Como actuaciones concretas a adoptar, y a modo de conclusión se sugieren las siguientes:

- . Limitar y/o redistribuir espacialmente las captaciones de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 91 de la vigente Ley de Aguas, tanto en los acuíferos afectados por problemas de intrusión salina, como en aquellos donde exista un riesgo evidente de que ésta puede llegar a producirse.
- . Constitución de comunidades de usuarios.
- . Ejercer una labor de vigilancia y control exhaustivo sobre los volúmenes extraídos en las captaciones existentes y en las de realización futura.
- . Ampliar y adecuar las redes de control periódico (piezometría, calidad general e intrusión), a las necesidades concretas de cada acuífero.
- . Poner en práctica técnicas de recarga de acuíferos en las franjas costeras, con excedentes de aguas superficiales y/o con los efluentes urbanos debidamente tratados.
- . Fomentar técnicas de cultivo orientadas a un ahorro en el consumo de agua y a una mejora en la eficiencia de riego.
- . Profundizar en los estudios que permitan una mayor acotación de los diferentes componentes del balance hidráulico y un mejor conocimiento de la geometría interna de los acuíferos y de los mecanismos que provocan en cada caso concreto el avance de la intrusión.

#### 4.- BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA.

- CGS (1985).- "Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz". Excelentísima Diputación Provincial de Cadiz.
- IGME (varios años).- "Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS)".
- IGME (varios años).- "Proyecto para estudios de gestión y conservación de acuíferos en la cuenca baja del Guadalquivir. Evolución piezométrica y control sobre la calidad e intrusión".
- IGME (1981).- "Estudio hidrogeológico del acuífero Puerto Real - Confl de la Frontera (Cádiz)".
- IGME (1982).- "Estudio Hidrogeológico del acuífero Palos-Moguer (Huelva)"
- IGME (1982).- "Proyecto de investigación hidrogeológica - del acuífero Vejer-Barbate (Cádiz)".
- IGME (1982).- "Estudio hidrogeológico actualizado del S.A. nº27. Unidad Almonte-Marismas"
- IGME (1983).- "Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno". Colección Informe.
- IGME (1983).- "Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: Situación actual y focos potenciales de contaminación". Colección Informe.
- IGME (1984).- "Modelo matemático tridimensional de la región suroccidental de Huelva S.A. nº25"
- IGME (1987).- "Informe sobre la posible declaración de sobreexplotación de un sector del S.A. del Suroeste de Huelva. (S.A. nº25)".
- IGME (1987).- "informe sobre la posible declaración de sobreexplotación del S.A. Sanlúcar-Rota-Chipiona".
- IGME (1987).- "Balance hídrico y evolución piezométrica - del sistema acuífero costero de la región SW de la provincia de Huelva"

ANEXO 1.- RED DE CONTROL DE LA INTRUSION MARINA EN LOS ACUIFEROS  
COSTEROS DE LA CUENCA ATLANTICA ANDALUZA.

ACUIFERO SANLUCAR-ROTA-CHIPIONA

NÚMERO DE INVENTAR.	PROFUND. (m.)	METODO DE TOMA.	SERIE HISTORICA	TENDEN CIA.
1144-2004	33	C	5/83	E
1144-2005	35	B <sub>c</sub>	5/83	E
1144-2027	18	C	12/85	E
1144-2028	19	C	12/85	E
1144-6010	15	C	5/83	E
1144-6011	7	C	4/83	E
1144-6042	34	B	4/83	E
1144-6063	22	B <sub>c</sub>	4/83	E
1144-6064	39	B	4/83	E
1144-6078	12	C	4/83	E
1144-6079	-	B	4/83	E
1144-6083	13	C	12/85	E
1144-6085	28	B <sub>c</sub>	12/85	E
1144-6086	37	B <sub>c</sub>	12/85	E
1144-6087	37	C	12/85	B
1144-6088	16	C	12/85	E

ACUIFERO PTO. DE SANTA MARIA

NÚMERO DE INVENTAR.	PROFUND. (m.)	METODO DE TOMA.	SERIE HISTORICA	TENDEN CIA.
1145-4049	29	B	4/83	B

ACUIFERO VEJER-BARBATE

NÚMERO DE INVENTAR.	PROFUND. (m.)	METODO DE TOMA.	SERIE HISTORICA	TENDEN CIA.
1247-6007	4	B <sub>c</sub>	4/83	E
1247-6009	15	B	4/83	E
1247-6010	7	B	4/83	E
1247-7046	110	B	4/83	E
1247-8009	7	B	5/82	E
1247-8010	12	B	5/83	E

ACUIFERO ALMONTE-MARISMAS

NÚMERO DE INVENTAR.	PROFUND. (m.)	METODO DE TOMA.	SERIE HISTORICA	TENDEN CIA.
1042-8013	14	B	5/83	E
1042-8013	142	B	5/83	E
1042-8031	167	B	5/83	E
1141-8074	64	P	5/83	E
1141-8075	60	P	6/82	E
1141-8040	53	C	4/83	E

ACUIFERO PLIOCUATERNARIO COSTERO DE HUELVA

NÚMERO DE INVENTAR.	PROFUND. (m.)	METODO DE TOMA.	SERIE HISTORICA	TENDEN CIA.
841-7004	14	C	2/81	E
841-7038	36	B	3/81	E
841-7051	90	B	5/83	E
841-7063	63	B	5/83	E
841-7068	84	B	5/83	E
841-8012	100	C	5/83	E
841-8017	82	B	5/83	E
841-8052	174	C	11/85	E
841-8057	-	P	5/83	E
841-8059	126	C	2/81	E
841-8060	84	B	6/83	E
941-3027	117	P	5/83	E
941-5004	3	C	5/83	E
941-5008	40	C	5/83	E
941-5013	49	B	5/83	E

(Ampliación de la Red-Investigación 1.311 n)

ACUIFERO PUERTO REAL-CONIL

NÚMERO DE INVENTAR.	PROFUND. (m.)	METODO DE TOMA.	SERIE HISTORICA	TENDEN CIA.
1245-5034	67	B	4/83	E
1246-1035	24	B <sub>c</sub>	4/83	E
1246-5038	77	B <sub>c</sub>	4/83	E
1246-8063	30	B <sub>c</sub>	4/83	E
1246-8064	35	B <sub>c</sub>	5/83	E
1246-9073	7	B <sub>c</sub>	4/83	E
1246-5074	30	B	4/83	E
1247-2022	60	B <sub>c</sub>	4/83	E
1247-2025	4	B	4/83	E

LEYENDA

NOTA: Frecuencia mensual.

Método de toma : B, bombeando.

B<sub>c</sub>, bombeo continuo

C, catamuéstras

P, depósito o red.

Tendencia : E, estable

E, sube

B, baja