

LA INTRUSION MARINA EN EL ACUIFERO DETRITICO DE LA PLANA DE SAGUNTO (COMUNIDAD VALENCIANA)

Resumen

- 1. Antecedentes de investigación**
- 2. Marco hidrogeológico**
- 3. Redes de observación y control**
- 4. Estado actual y evolución de la intrusión marina**
- 5. Conclusiones y recomendaciones**

Bibliografía

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

**LA INTRUSION MARINA EN EL ACUIFERO
DETRITICO DE LA PLANA DE SAGUNTO
(COMUNIDAD VALENCIANA)**

Silverio CASAS RUIZ. EPTISA. Valencia
Rafael NORIEGA FIDALGO. EPTISA. Valencia
Melchor SENENT ALONSO. IGME. Valencia

RESUMEN

El acuífero detrítico de la Plana de Sagunto presenta un avanzado proceso de intrusión marina debido principalmente a la intensa explotación a la que se encuentra sometido para abastecer la importante demanda de agua de la zona, a causa del gran desarrollo industrial y sobre todo agrícola del mismo. Esta situación se ve agravada en los periodos de sequía en los que aumentan las extracciones y disminuyen considerablemente las entradas de agua al acuífero.

La zona más afectada por esta intrusión corresponde a la mitad meridional de la Plana, comprendida entre el río Palancia y Puzol, donde se llegan a superar los 3000 mg/l de concentración de Cl^- en algunos sectores.

1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) desarrolló, entre 1971 y 1975, el "Estudio de los recursos subterráneos de la Cuenca Media y Baja del río Júcar", dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PNIAS).

Una vez finalizado éste se continuó, mediante el Plan Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos, el control de la evolución piezométrica y de la calidad de las aguas subterráneas, con objeto de mejorar el conocimiento de los acuíferos y orientar sobre su explotación más racional.

Los acuíferos de las planas litorales han sido objeto de especial atención, al asentarse sobre ellos la mayor parte de la actividad humana y económica de la Comunidad Valenciana, destacando la Plana de Sagunto, por su gran desarrollo agrícola e industrial.

Se han realizado diversas simulaciones del acuífero de la Plana de Sagunto, mediante modelos matemáticos, llevadas a cabo en los años 1972-73, 1974, 1982, 1984 y 1986, el último de los cuales incluye en el esquema de simulación el fenómeno de la intrusión marina.

En el año 1984 se realizó un estudio de evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la comarca de Sagunto, en el que se planteaban además diversas soluciones a la problemática existente, mediante la explotación de los acuíferos mesozóicos del interior para el regadío y el abastecimiento urbano en la Plana.

Como consecuencia de este estudio, en 1986 se realizó el "Proyecto para la puesta a punto de soluciones para la optimización del aprovechamiento hidráulico de los acuíferos de la comarca de Sagunto", en el que se analiza detalladamente la reordenación de explotaciones señalada en el estudio de 1984, proponiéndose nuevas actuaciones a corto plazo mediante la optimización de las extracciones existentes, en tanto se acometan las obras recomendadas que resuelvan definitivamente el problema planteado.

Igualmente se estudia la posibilidad de recarga artificial del acuífero de la Plana de Sagunto con los excedentes superficiales que son vertidos al mar. Esto repercutiría muy favorablemente en el acuífero.

También durante 1986 se realizó el estudio para el "Inventario de focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas y evolución de la calidad de las mismas en las cuencas Media y Baja del río Júcar (Comunidad Valenciana)", en el que se analizan las fuentes potenciales de contaminación del acuífero, y la calidad y contaminación de las mismas.

En este mismo año se llevó a cabo el "Informe actualizado de los recursos hidráulicos subterráneos y su uso presente y futuro en las cuencas Media y Baja del río Júcar (Comunidad Valenciana)", en el que se sintetizan y actualizan los conocimientos adquiridos con los trabajos realizados desde la finalización del PNIAS.

2. MARCO HIDROGEOLOGICO

La plana de Sagunto está constituida por una llanura costera de 125 km² de extensión, situada en el límite de las provincias de Valencia y Castellón, entre las localidades de Almenara y Puzol.

Sobre esta zona se asienta una población superior a los 80.000 habitantes, con una densidad muy por encima de la media nacional y con un importante desarrollo económico, debido principalmente a la actividad agrícola e industrial.

El acuífero de la Plana de Sagunto está constituido fundamentalmente por una alternancia de gravas, arenas y conglomerados dentro de una formación limo-arcillosa, de edad Pliocuaternario, situada sobre una capa arcillosa, en unos casos terciaria y en otros triásica, que constituye el muro impermeable del acuífero. El espesor de estos materiales es, en líneas generales, creciente hacia la costa desde los relieves del borde occidental.

Bajo estas formaciones se sitúan materiales mesozóicos, fundamentalmente del Muschelkalk, escalonados hacia el mar, que a 2 km. del litoral se sitúan a 300-400 m. de profundidad.

El límite occidental del acuífero está constituido por los afloramientos de estos materiales, siendo en su mayor parte de carácter abierto, en los contactos con las calizas y dolomías del Muschelkalk, constituyendo límites impermeables las argilitas del Buntsandstein. Al Norte y Sur el límite es relativamente convencional, determinado por la presencia de materiales del Buntsandstein que lo individualizan parcialmente de las planas de Castellón y Valencia. En la figura 1 se muestra un esquema del acuífero y sus límites hidrogeológicos.

El máximo desarrollo de la formación pliocuaternaria se da en Benavites y en las inmediaciones del río Palancia, con espesores de 200 y 140 m. respectivamente.

Las características hidráulicas del acuífero son excelentes en general, según ponen de manifiesto las numerosas captaciones existentes, con caudales específicos medios del orden de 10 l/sq/m. La Transmisividad alcanza valores superiores a 7.000 m²/día, estando el coeficiente de almacenamiento comprendido entre el 10 y 12%.

El funcionamiento hidrogeológico es asimilable al de un acuífero multicapa, de potencial creciente en profundidad, en el que se diferencian dos áreas; una en el sector de los Valles con flujo de dirección NO-SE cuya piezometría oscila entre 40-45 m.s.n.m. en el sector más occidental y 2-3 m.s.n.m. al E de Faura y Benavites, con oscilaciones anuales del orden de 5-7 m. y un gradiente medio elevado, del orden del 1%. La otra zona ocupa la mayor parte de la Plana y en ella la superficie piezométrica excepcionalmente supera los 2 m.s.n.m., presentando una morfología muy variable de unas épocas del año a otras.

El balance hídrico para el período 1980/83, obtenido a partir del modelo matemático de intrusión de la Plana de Sagunto (IGME, 1986), es el siguiente:

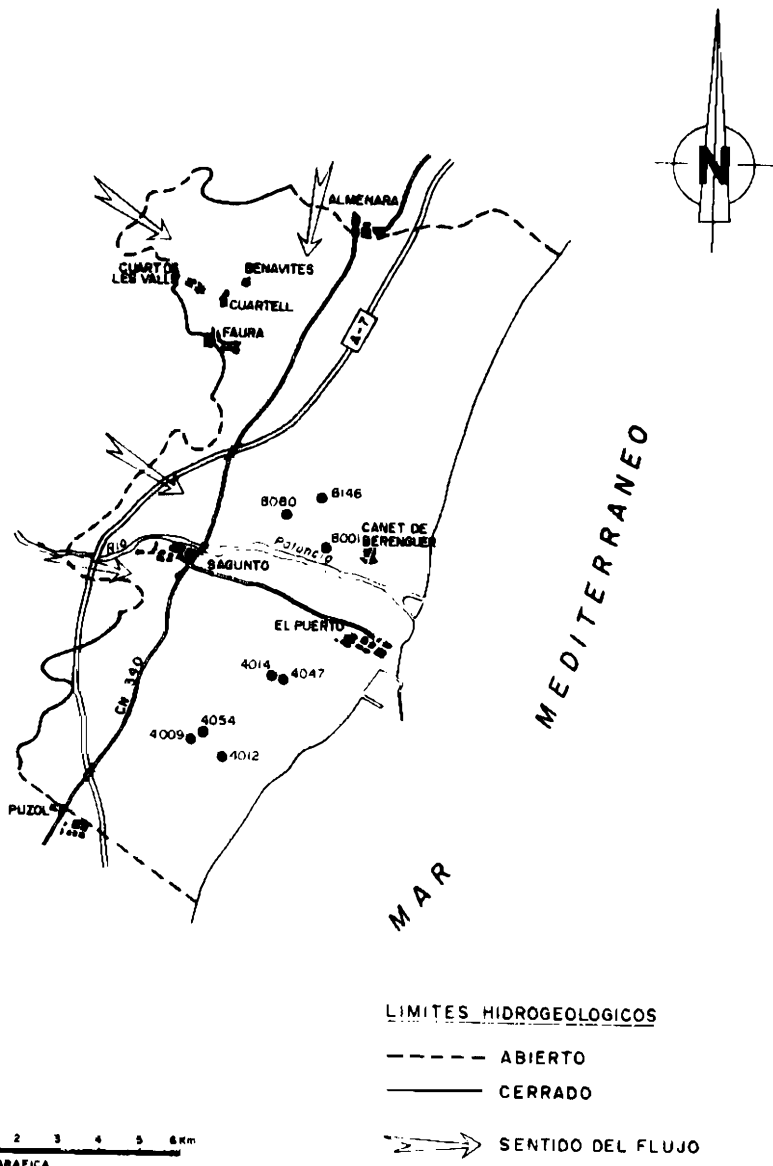


Fig. 1

Entradas

- Infiltración de lluvia	2,1 hm ³
- Infiltración de regadíos:	
. Con aguas superficiales	20,0 hm ³
. Con aguas subterráneas	27,0 hm ³
- Entradas laterales:	
. Subsistema Medio Palancia	23,1 hm ³
. Subsistema Sierra Espadán	8,6 hm ³
. Subsistema Gátova-Náquera	2,1 hm ³
. Sistema 51. Plana de Valencia	6,6 hm ³
- Entradas del mar	2,6 hm ³
	<hr/>
TOTAL	92,5 hm ³

Salidas

- Drenaje y evaporación en la marjalería de Chilches-Almenara	5,8 hm ³
- Salidas al mar	7,3 hm ³
- Bombeos:	
. Agrícolas	77,3 hm ³
. Urbanos e industriales	5,6 hm ³
	<hr/>
TOTAL	96 hm ³

En este período se ha producido una variación media de la reserva de -3.5 hm^3 , que se refleja en el descenso piezométrico observado.

3. REDES DE OBSERVACION Y CONTROL

En el acuífero de la Plana de Sagunto el IGME tiene establecidas actualmente tres redes de observación, en las que se realizan medidas de control periódicamente.

En primer lugar se estableció la red de control piezométrico, al comienzo del Proyecto de Investigación Hidrogeológica del Bajo y Medio Júcar, en Junio de 1972. Esta red fué controlada mensualmente hasta 1976, en que las medidas pasaron a ser bimensuales. Posteriormente, en el año 1980 se realizó una reestructuración de la misma estableciéndose una red de 27 piezómetros, medidos con periodicidad bimensual. A partir del año 1982 esta red fue subdividida en 4 subredes con distintas periodicidades de medida, contando actualmente con 29 piezómetros de control.

En el año 1977 se estableció la red de vigilancia de la intrusión marina con objeto de conocer en todo momento la evolución de la interfase. Esta red fué igualmente reestructurada en 1980, agrupándose los puntos de control según las cotas de fondo del pozo, con el fin de determinar la morfología de la interfase. En la actualidad la red está

constituída por 46 puntos de control, en los que se recogen muestras de agua con periodicidad semestral, determinándose su concentración de ión Cl^- y su conductividad.

Así mismo, desde 1976 está establecida una red de vigilancia de la calidad química, para el control de la contaminación del agua del acuífero, enfocada principalmente a la detección de los fenómenos de contaminación que pudieran afectar a los abastecimientos a poblaciones, por lo que está constituída fundamentalmente por sondeos y pozos de abastecimiento urbano.

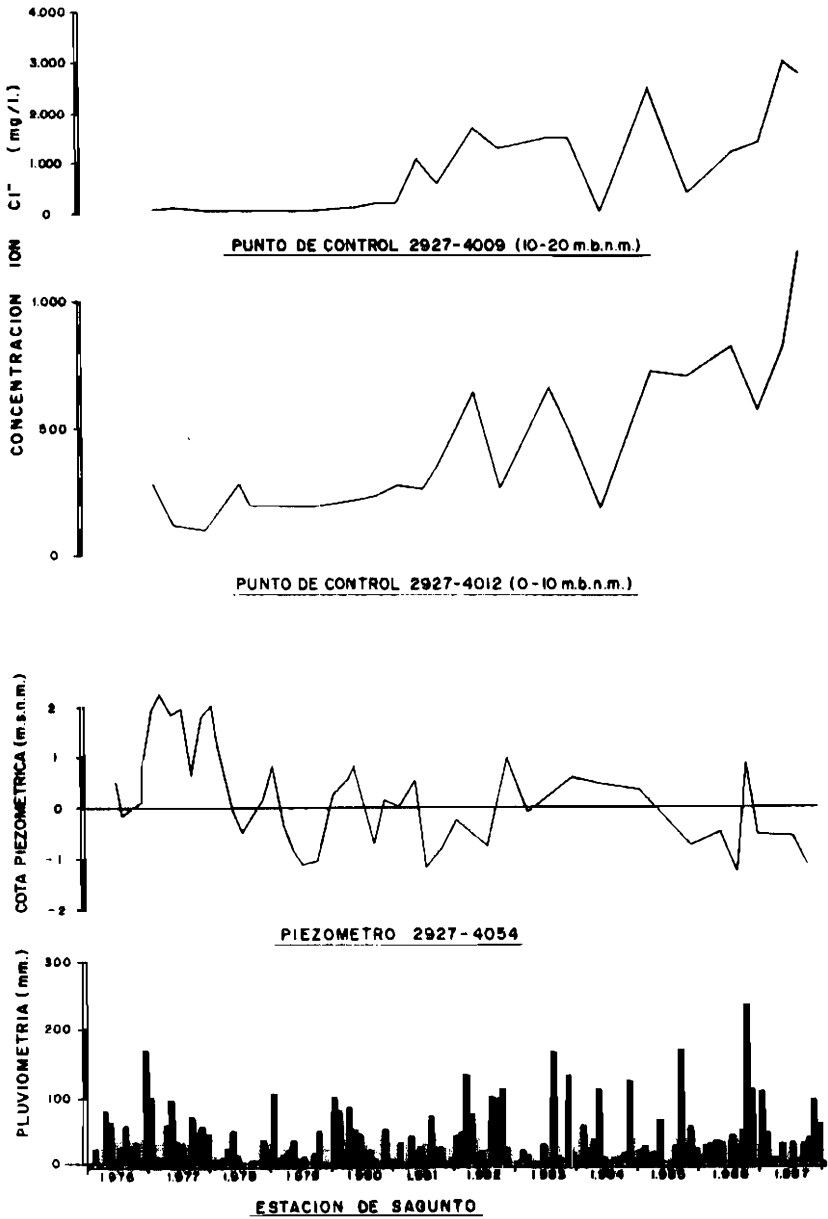
Semestralmente se toman muestras de agua en las que se realizan análisis para determinar la calidad química del agua y su grado de contaminación. En la actualidad esta red consta de 6 puntos de control.

4. ESTADO ACTUAL Y EVOLUCION DE LA INTRUSION MARINA

Actualmente, el acuífero de la Plana de Sagunto se encuentra gravemente afectado por un proceso de intrusión marina como consecuencia de la intensa explotación a la que está sometido, pudiéndose distinguir dentro del mismo tres zonas bien diferenciadas: una zona central perteneciente a los términos municipales de Sagunto y Canet de Berenguer, con graves problemas de intrusión, y las dos zonas situadas al Norte y Sur de esta, zona de Almenara-Benavites y Puzol respectivamente, en los que la salinización del acuífero actualmente no es preocupante. (ver figura 6).

La situación descrita es consecuencia de la morfología de la superficie piezométrica, caracterizada por la existencia de tres importantes depresiones piezométricas en el sector central, situadas entre Canet de Berenguer y Faura, al Norte del río Palancia una, otra al suroeste del Puerto de Sagunto y la última entre Sagunto y Puzol, al Este de la carretera nacional 340. En ocasiones estas depresiones piezométricas han llegado a ser bastante extensas, uniéndose entre sí y dando lugar a una gran depresión que ocupa casi todo el sector central (ver figura 2). Esto hace que la superficie piezométrica en gran parte de la zona se encuentre frecuentemente bajo el nivel del mar, mientras que en el resto de la Plana la piezometría es positiva.

Esto es debido, por un lado, a que la alimentación lateral subterránea procedente de los acuíferos mesozóicos del interior es especialmente importante en los extremos Norte y Sur de la Plana, en el sector de los Valles procedentes del acuífero de Algar-Cuart, en la zona de Almenara procedente de los acuíferos en materiales del Buntsandstein, y en el área de Puzol procedente del acuífero de Náquera-Puzol y de la Plana de Valencia. Por otro lado, los regadíos con aguas superficiales solo son importantes en



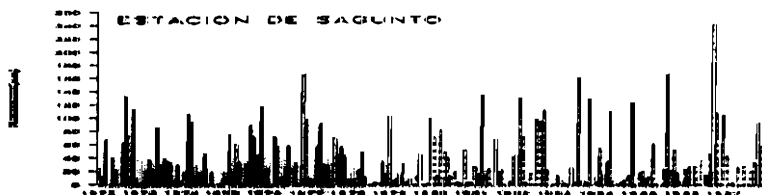
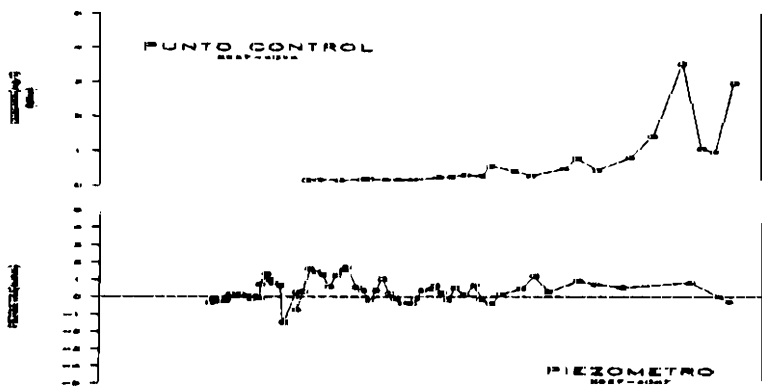
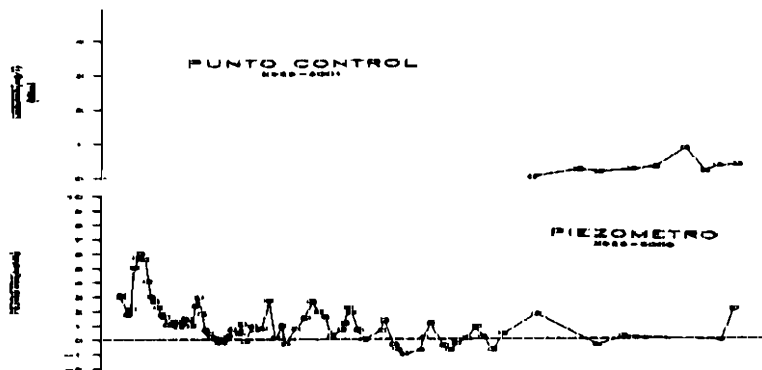


Fig. 3

el término de Puzol, en el que se riega con aguas de la acequia de Moncada, lo que disminuye notablemente las extracciones, aportándose además agua al acuífero por la infiltración de los excedentes de regadío. El resto de la Plana tiene que satisfacer sus necesidades mediante fuertes extracciones, a pesar de estar cubierta en gran parte por la red de acequias del río Palancia (Acequia Mayor de Sagunto) y del manantial de Cuart. El hecho de que estas extracciones no provoquen graves problemas de intrusión en los términos de Almenara, Benavites y Norte de Sagunto, es debido a las importantes entradas laterales subterráneas que se producen en ésta a partir de los acuíferos del interior como se comentó anteriormente.

En la zona central de la Plana existen tres sectores especialmente afectados por la intrusión, coincidentes con las tres depresiones piezométricas descritas anteriormente, y correspondientes a áreas de fuertes extracciones. Los sectores más afectados están situados al Oeste de la carretera nacional 340 entre Puzol y Sagunto, y al Sureste del Puerto de Sagunto, en las inmediaciones de las instalaciones de la IV Planta, llegándose a alcanzar en muchos casos concentraciones superiores a los 3.000 mg/l.

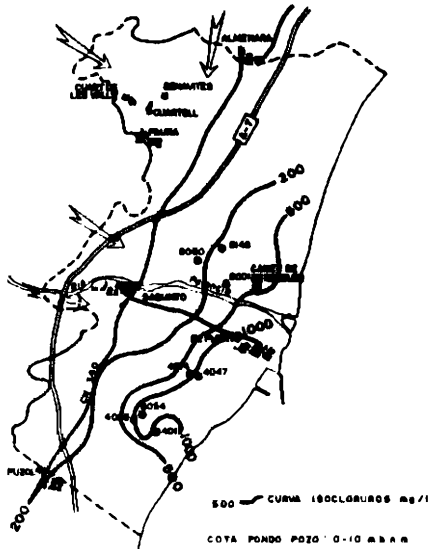
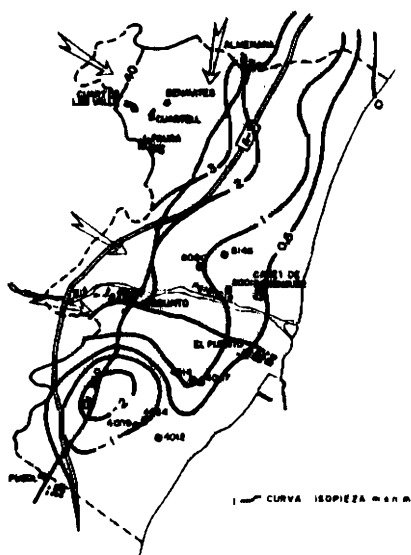
En las figuras 2 y 3 se representa la evolución, desde el inicio del período de control y hasta diciembre de 1987, del contenido de ión Cl^- en puntos representativos de las tres zonas más afectadas por la intrusión, en relación con la evolución piezométrica observada en piezómetros de esos mismos sectores y con la pluviometría medida en la estación de Sagunto, considerada representativa del conjunto de la plana. En todos ellos se observa un incremento progresivo de la concentración del ión Cl^- a lo largo del tiempo, a la vez que un descenso constante de los niveles piezométricos. Este incremento en la concentración del ión Cl^- es más acusado en el sector correspondiente al piezómetro 2927-4054, en la que se da un gran paralelismo entre la evolución de Cl^- a 0-10 m.b.n.m. y la producida a 10-20 m.b.n.m., coincidiendo, los máximos de concentración de Cl^- con los mínimos piezométricos y viceversa (figura 5) aunque con un ligero desfase. En todos los casos se observa como al descender el nivel piezométrico por debajo de la cota de 0 m.s.n.m. se dispara la concentración de Cl^- , produciéndose una disminución de ésta al superar el nivel piezométrico de nuevo dicha cota.

En las figuras 4, 5 y 6 se puede observar la evolución del contenido de Cl^- del agua del acuífero de la Plana de Sagunto a diferentes profundidades. Así, se puede observar como cuando se inició el control de la red de vigilancia de la intrusión marina el único sector afectado por ésta era el situado al sur del Puerto de Sagunto. No obstante, ya se comenzaba a apreciar, por la inflexión de las curvas de isocloruros, un incremento del ión Cl^- en el sector situado entre Sagunto y Puzol con valores comprendidos entre

ISOPIEZAS

(NOV.-DICC. 1.985)

ISOCONTENIDO EN CLORUROS



ISOCONTENIDO EN CLORUROS

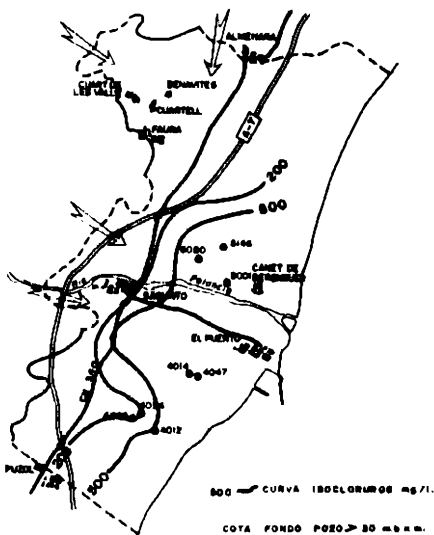
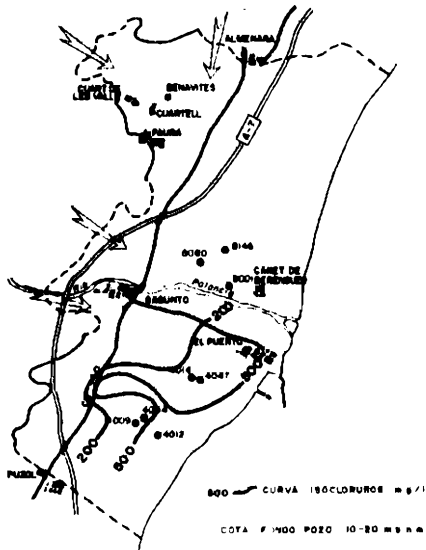
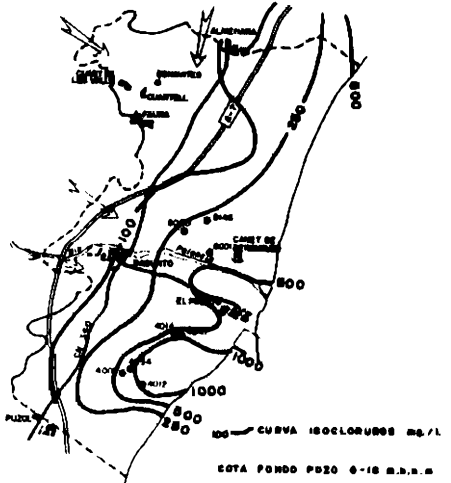
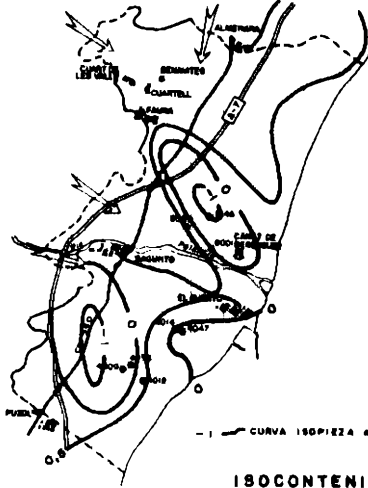


FIG: 5

ISOPIEZAS (JUNIO - JULIO 1987)

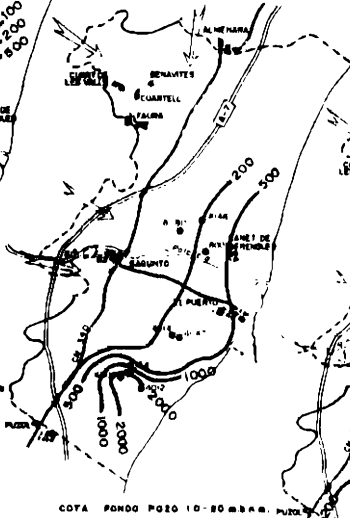
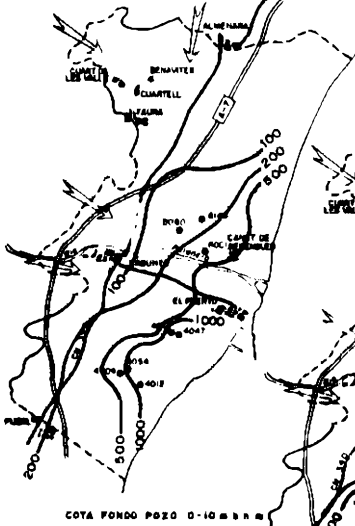
ISOCONTENIDO EN CLORUROS



ISOCONTENIDO

EN

CLORUROS (DICIEMBRE 1987)



200 CURVA ISOCLORUROS mg/l.

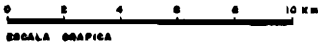
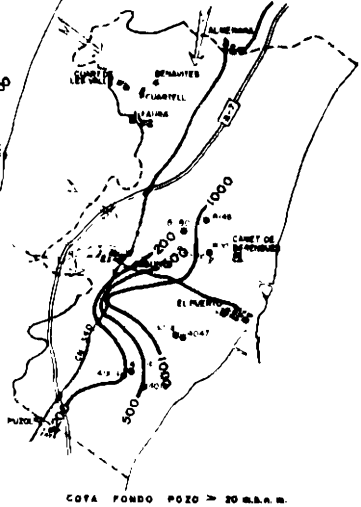


FIG. 6

150 y 300 mg/l. (Figura 4).

Ya en el año 1985 el proceso de intrusión se encuentra bastante más avanzado, superándose los 1000 mg/l de Cl^- en los pozos entre 0-10 m.b.n.m. de cota de fondo, de un amplio sector situado entre Puzol y Puerto de Sagunto .

A cotas mayores de 20 m.b.n.m. la isolínea de 500 mg/l de Cl^- abarca casi todo el sector situado al Sur del Palancia y comprendido entre la nacional 340 y la línea de costa. (Figura 5).

Esta situación se mantiene hasta Diciembre de 1987, no habiéndose realizado hasta la fecha ninguna nueva campaña de medidas.

En la Figura 7 se puede apreciar el avance de la interfase a lo largo del período de control y a diferentes profundidades. Se ha representado solamente la línea de 150 mg/l de Cl^- ya que se considera esta como la indicativa del inicio de la zona de difusión de la interfase. Así se puede apreciar el gran avance de ésta en el sector situado al sur del Palancia, donde llega en algunos puntos hasta el límite occidental de la Plana, lo que da idea de lo avanzado del proceso.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La intrusión marina en el acuífero detrítico de la Plana de Sagunto afecta gravemente en la actualidad a un amplio sector, comprendido entre el río Palancia y Puzol, al Este de la carretera nacional 340, como ponen de manifiesto los datos suministrados por la red de vigilancia de la intrusión marina establecida por el IGME, superándose en alguno de esos puntos los 3.000 mg/l.

Esta situación es consecuencia directa de los intensos bombeos que se realizan en la zona, que provocan importantes depresiones piezométricas y dan lugar a la formación de domos de intrusión, agravándose esta situación en los períodos secos.

Aunque se producen mejoras estacionales en la calidad del agua por la recuperación de los niveles piezométricos, el proceso de salinización ha aumentado progresivamente desde el inicio del período de control.

Por lo tanto, se hace necesaria la adopción inmediata de medidas por parte de los organismos competentes para la detención del avance de la intrusión.

Estas medidas deben de enfocarse hacia la reordenación de las explotaciones, evitando en lo posible la concentración de las mismas en los sectores más afectados o

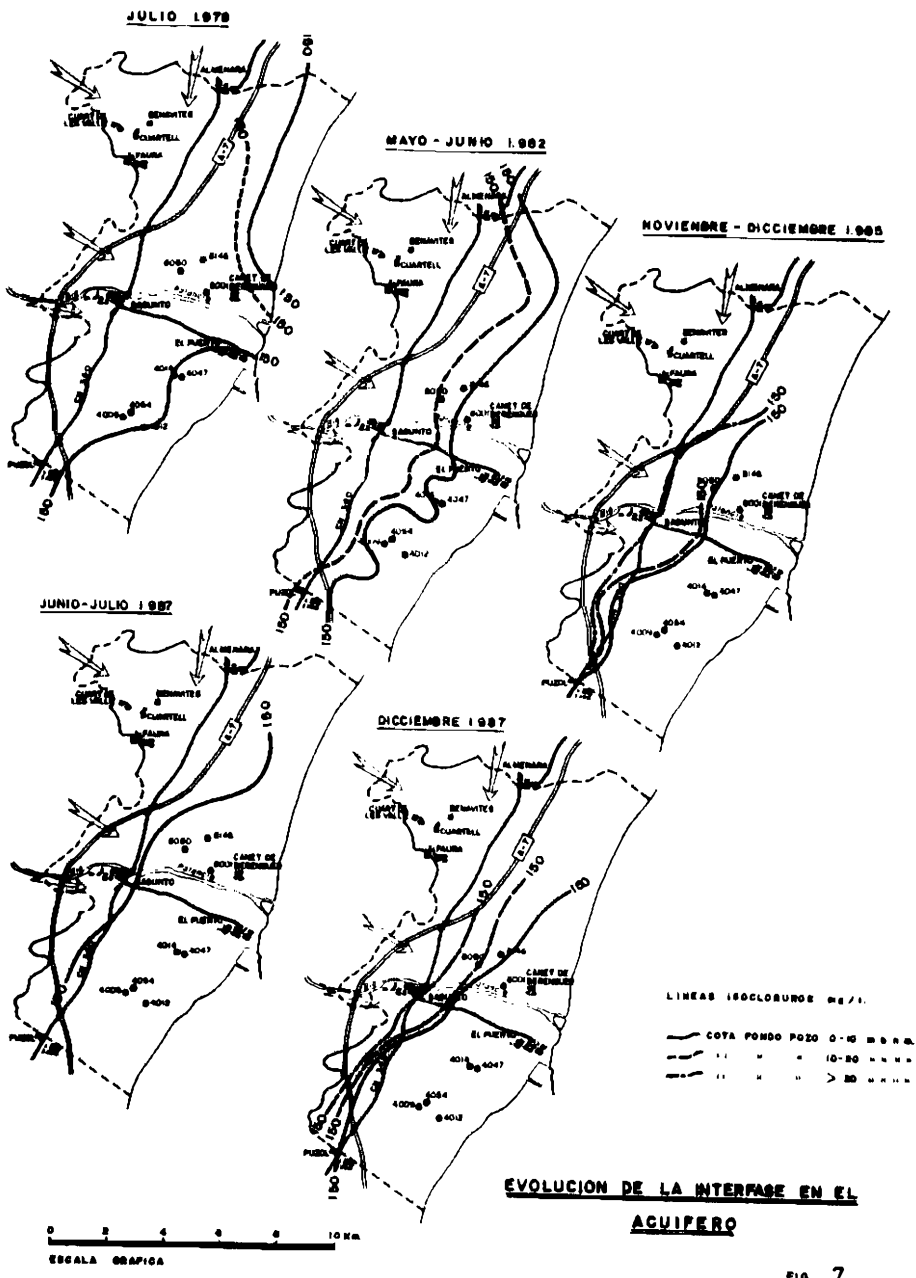


FIG 7

en riesgo de estarlo, impidiendo igualmente la ubicación de nuevas captaciones en esta zona. Asimismo sería conveniente la importación de recursos ajenos al sistema, que sustituyan progresivamente a los del propio acuífero en las áreas más problemáticas. Estos recursos externos al sistemas podrían proceder de los acuíferos mesozoicos del interior o bien del trasvase de aguas superficiales.

BIBLIOGRAFIA

- IGME (1972-1987) Informes anuales de la evolución piezométrica y de la calidad del agua subterránea de los acuíferos de las cuencas Media y Baja del Júcar. Proyecto de Gestión y Conservación de Acuíferos.
- IGME (1977). "Definición de las condiciones geométricas y de la calidad química del agua en los acuíferos de la Zona de Sagunto".
- IGME (1982). "Estudio para la gestión integral de los recursos hidráulicos de las planas de Castellón y Sagunto y plan de acción para el control de la intrusión salina" .
- IGME (1982). "Modelo conceptual de la Plana de Castellón-Sagunto".
- IGME (1982). "Evaluación a nivel de aplicación de los recursos hidráulicos subterráneos disponibles en el Camp de Morvedre. Posibilidades de su utilización industrial".
- IGME (1986). "Informe actualizado de los recursos hidráulicos subterráneos y su uso presente y futuro en las cuencas Media y Baja del Júcar (Comunidad Valenciana)".
- IGME (1986). "Inventario de Focos Potenciales de Contaminación de las Aguas Subterráneas y Evolución de la situación en calidad de las mismas en las Cuencas Media y Baja del río Júcar (Comunidad Valenciana).
- IGME (1986). "Modelo de Intrusión de la Plana de Sagunto".