

# **LA INTRUSION MARINA EN EL LITORAL TARRACONENSE**

## **Resumen**

### **1. Introducción**

### **2. Principales rasgos de la estructura geológica litoral**

#### **2.1. La fosa**

### **3. Hidrogeología**

#### **3.1. Los acuíferos**

3.1.1. *El acuífero inferior*

3.1.2. *El acuífero mioceno*

3.1.3. *El acuífero plioceno*

3.1.4. *El acuífero cuaternario*

#### **3.2. La piezometría**

#### **3.3. La intrusión marina**

3.3.1. *Intrusión natural*

3.3.2. *La intrusión en el acuífero mioceno*

3.3.3. *La no intrusión en los acuíferos pliocenos*

3.3.4. *La intrusión del cuaternario*

### **4. Conclusiones**

## **Bibliografía**

LA INTRUSION MARINA EN EL LITORAL TARRACONENSE

Josep Torrens	C.G.S.
Pedro Luis Alfonso	C.G.S.
Jose Flores	E.M.A.T.S.A.
Gerardo Ramos	I.G.M.E.
Juan Antonio Lopez-Geta	I.G.M.E.

RESUMEN.-

La gran concentración demográfica, agrícola e industrial, a lo largo del litoral tarraconense, precisa de un abundante aporte de agua, lo cual afecta a las relaciones del equilibrio natural entre el agua dulce y la salada, de los a cuíferos costeros, al estar éstos sometidos a una extracción superior a la recarga que reciben.

El bombeo se realiza de una forma totalmente inadecuada, pues está en función de pará metros económicos (costas, impulsión, conducción, etc.) que condicionan la realidad hidráulica y obligan a concentrar las explotaciones, mediante sondeos de gran profundidad, cuyo re resultado es la ubicación directa de los mismos, ya sean dentro de la cuña marina, o bien en la zona de mezcla.

Los casos más típicos dentro del área estudiada, son las captaciones de Tarragona y Salou.

INTRODUCCION.-

El litoral tarraconense se extiende desde las estribaciones del macizo de Cardó-Vandellos (Hospitalet del Infante), hasta la zona marítima de Vendrell (playa de Sant Sal vador), cuya longitud total es de 82 km.

A lo largo de la costa se suceden multitud de situaciones hidrogeológicas, que son el resultado de varios factores, pero entre ellos cabe destacar a la estructura geológica, por la enorme trascendencia que tiene en el fenómeno de la intrusión marina.

Otro factor de enorme importancia, es la concentración demográfica so bre todo en épocas estivales, cuando el veraneo de varios miles de turistas provocan una demanda que muchas veces duplica los bombeos, esta situación se produce precisamente cuando los caudales de aguas superficiales están agotados, o bien su empleo es exclusivamente agrícola (pantano de Riudecanyes) o industrial (pantano del Gaià), las escasas tomas de agua de

procedencia superficial (azud de Tarragona) quedan secas aún a pesar de que durante todo el resto del año se han vertido al mar un promedio de 40hm<sup>3</sup>/año (datos estación 79 M.O.P.U.).

Este desequilibrio entre la cantidad de agua invernal y estival provoca la sobre-explotación de los acuíferos costeros, cuyo resultado es la formación de conos salinos de bombeo y el avance de la cuña marina.

El primero de ambos fenómenos, si bien en su concepción hidráulica es solamente de origen dinámico, provoca la salinización de otras captaciones durante su "viaje" hacia el mar, debido a que la recuperación del equilibrio de la zona de mezcla es lenta.

La poca efectividad administrativa ha permitido en el pasado (y aún en algunos casos en el presente), la realización de sondeos sin estudio ni control hidrogeológico previo, de los acuíferos a explotar; esta situación ha supuesto la comunicación de acuíferos de distinto potencial hidráulico, con la consiguiente pérdida de caudales de agua dulce que "recargan" (pósitos del ruido) al acuífero intrusado.

En la zona litoral de Tarragona se estima que por esta causa se pierden desde Tarragona al Vendrell un mínimo de 2-3 hm<sup>3</sup>/año.

Es pues inaplazable que la administración corrija estos defectos, y se posibilite una correcta gestión y conservación de los acuíferos costeros, con este fin el I.G.M.E. ha construido dos series de piezómetros (Vilaseca I,II,III), para la vigilancia y estudio del avance de la cuña salina y Vilaseca IV,V,VI, para el estudio del acuífero plioceno no explotado en la actualidad y por tanto sin intrusión marina.

## 2. PRINCIPALES RASGOS DE LA ESTRUCTURA GEOLOGICA LITORAL.

### 2.1. La fosa

A finales del Eoceno principios del Oligoceno se formaron las estructuras plegadas de la cordillera "prelitoral", que separa el campo de Tarragona de la cuenca del Ebro. A principios del mioceno se inicia la formación de la fosa tectónica que denominamos "Camp de Tarragona". (Fig. nº1)

Dos fallas paralelas limitan esta fosa disimétrica; al norte las zonas de fallas (Montroig-Reus) y (Alcover-Pla de Santa Maria), al sur la falla Salou-La Secuita.

El salto de la falla norte es del orden de 2.500 a 3.500 m. y al sur entre 1.000 y 1.500 m.

SINTEISIS GEOLOGICA

- |             |   |  |
|-------------|---|--|
|             |  | Indiferenciado: suelos, gravas, arenas, arcillas, y limos. |
| CUATERNARIO |  | Aluviales: gravas, arenas y limos.                         |
|             |  | Piedemontes: gravas, arenas y arcillas.                    |
| PLIOCENO    |  | Arcillas rojas con intercalaciones conglomeráticas.        |
| MIOCENO     |  | Conglomerados, calcarenitas, arenas y margas.              |
| EOCENO      |  | Calizas, arcillas y areniscas.                             |
| MESOZOICO   |  | Calizas, dolomias,<br>arcillas y margas.                   |

 Falla en Superficie.

 Falla en profundidad.

 Cabalgamiento.

46

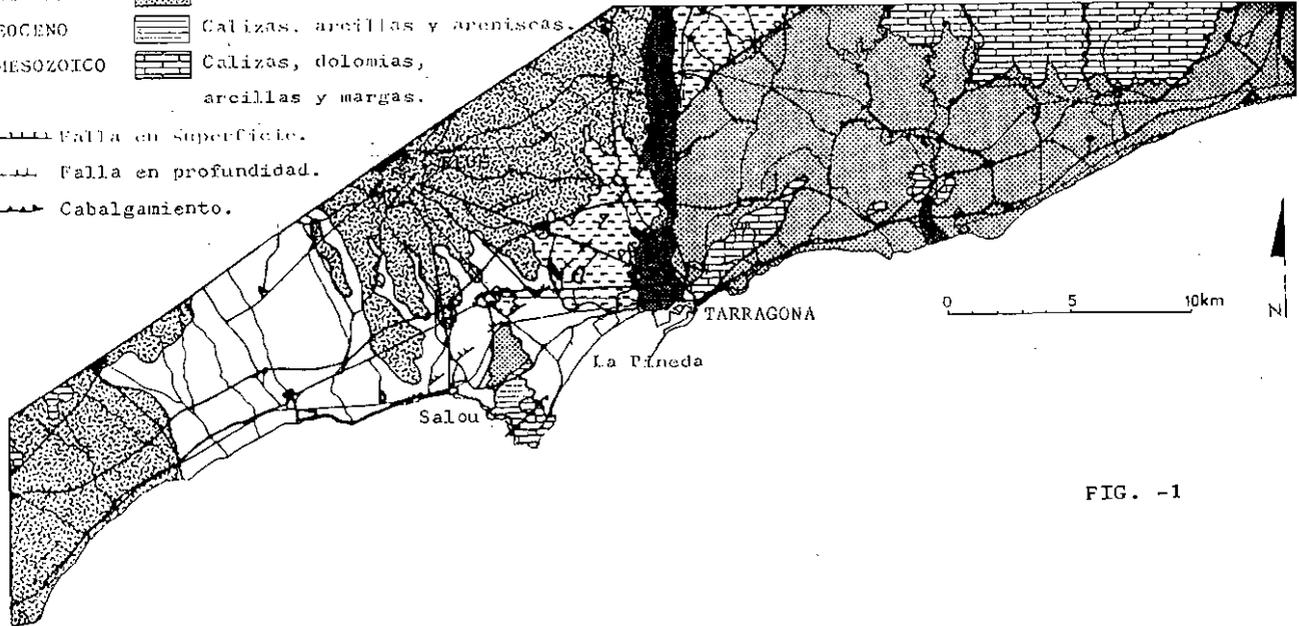


FIG. -1

En resumen los catalánides son el resultado de un conjunto de "grabbens" y "horts" que incluso se prolongan en el mar; el grabben del Penedés tiene su continuidad marina en el llamado "TARRAGONA TROUGH", mientras que la llamada "TARRAGONA PLATFORM" es la continuidad de las estructuras mesozoicas de Salou-Tarragona, aunque erosionadas por el mar mioceno y plioceno (Clavell-Albaiges 1.986).

Estas estructuras mesozoicas del alto Tarragona-Salou, soportan una cobertura miocénica en la cual se pueden identificar las facies que se describen en la literatura petrolera.

En resumen y remitiendo a los más interesados en temas geológicos a (Torrens y otros-1.987), las series terciarias constan (ver fig. 2 y 3) de:

### BASE

#### Mesozoico

-Generalmente calizo y de edad cretácica en la costa.

#### Paleoceno

-Calizas de Alveolinas de edad Ilerdiense (Fm Orpi).

#### Eoceno

-Arcillas continentales en los sinclinales mesozoicos.

#### Mioceno basal

"Grupo Alcanar"

-conglomerados, brechas y arcillas rojas de edad Aquitano-Burdigaliense.

#### Mioceno inferior

"Grupo Cambrils"

-calizas arcillosas y margas de edad Burdigaliense a Serravalliense; no hay restos en la zona emergida por la erosión que le produjo el grupo Castellón (solamente se han reconocido estos depósitos en el "TARRAGONA TROUGH").

#### Mioceno medio a superior

"Grupo Castellón"

-Constituido por dos formaciones:  
 -Fm "Castellón shales"-arcillas y arcillas limosas con intercalaciones detríticas de areniscas de edad Serravalliense a Tortoniense.  
 -Fm "Castellón Sandstones", areniscas que intercalan algunos niveles arcillosos, su edad es Tortoniense superior.  
 -Erosión Messiniense-

## Plioceno

### "Grupo Ebro"

- Fm "Ebro Clays", arcillas ligeramente sil-  
tosas.
- Fm "Ebro Sandstones", areniscas con una  
marcada progradación en el mar, solapan  
al Ebro Clays, en las zonas de plataforma  
se depositaron espesores de calcarenitas  
(zona Salou-Vilaseca).
- Arcillas rojas, con espesores notables  
"cierran" la cuenca pliocena del "camp"  
son arcillas rojas continentales, con ye-  
sos, sus espesores varían desde 35 m.  
(sondeo Vilaseca IV) hasta casi 600 m. en  
el sondeo P.I.F. (Aeropuerto de Reus).

## Cuaternario

- "Aluvial Fans", conos de deyección muy  
desarrollados en las zonas próximas a la  
falla norte en donde la sísmica permite  
apreciar una continuidad total desde que  
se inició el hundimiento de la fosa.
- Aluviales, importantes en los ríos Fran-  
colí y Gaiá, pero con espesores muy débi-  
les y cuyas bases están por debajo del  
nivel marino.
- Coluviales y cordones marinos "backshores"  
con notable desarrollo a ambos lados del  
cabo de Salou, su base está por debajo  
del nivel actual del mar.

## 3. HIDROGEOLOGIA.

### 3,1. Los acuíferos.

La sucesión de materiales permeables e im-  
permeables, su disposición estructural, su conexión ó incone-  
xión hidráulica provoca en el "Camp de Tarragona" la existen-  
cia de una serie de acuíferos, de gran importancia económica.

#### 3.1.1. El acuífero inferior.

Está formado por las calizas me-  
sozóicas y las brechas y areniscas de la base miocénica; la  
permeabilidad de las calizas es muy alta, han sondeos en las  
cercañas de Tarragona con transmisividades de 5.000 a 15.000  
m<sup>2</sup>/día.

En el bloque del Gaiá las transmisividades son menores  
pero más homogéneas con valores de T del orden de los 500 a  
700 m<sup>2</sup>/día.

#### 3.1.2. El acuífero mioceno.

Ligado a las calcarenitas s.l. del



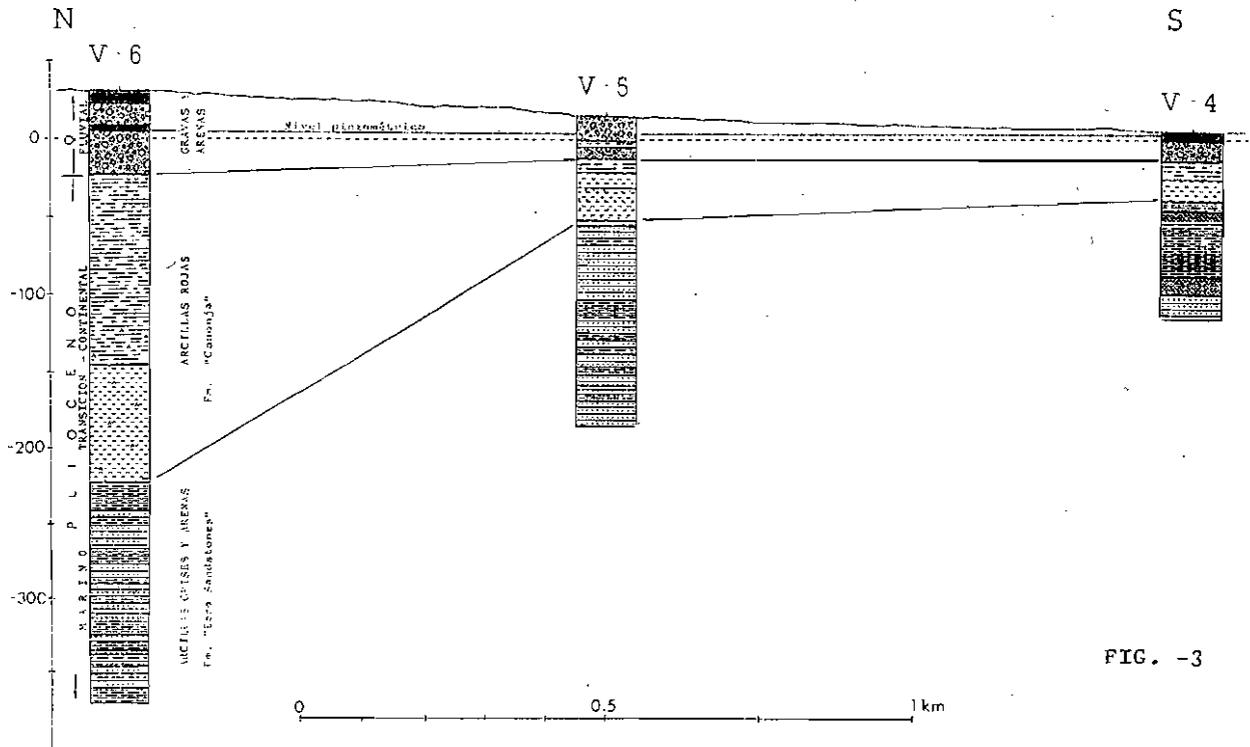


FIG. -3

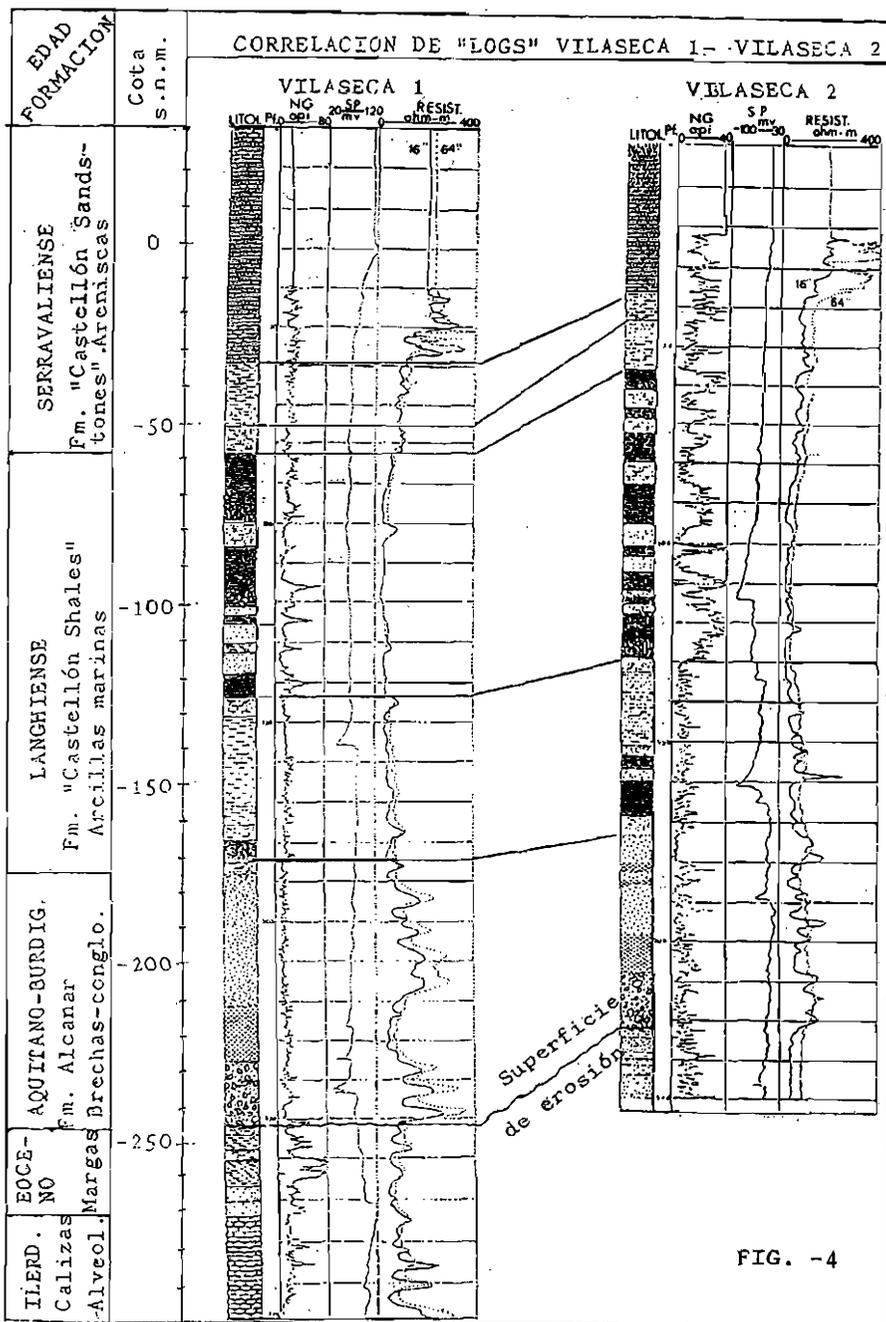


FIG. -4

Castellón Sandstones y separado de la base miocena conglomerática por espesores variables de arcillas (recordad que el Castellón s.s. es un "onlap" resultante de una progradación marina, tiene por tanto una base impermeable (Castellón shales) y cuando no está en contacto con el mar la calidad del agua subterránea es buena.

### 3.1.3. El acuífero plioceno.

Únicamente tiene existencia física en el interior de la fosa tectónica.

Está formado por un prograding de arenas, areniscas y calcarenitas que cubren a las arcillas del "Ebro Clays", que a su vez forma su base impermeable.

Este nivel está recubierto por unos 50m. de arcillas rojas plio-cuaternarias, incluso por debajo del mar.

Los valores de su transmisividad son de 100 a 150m<sup>2</sup>/día y su coeficiente de almacenamiento entre  $2,9 \cdot 10^{-3}$  y  $4,5 \cdot 10^{-4}$  (sondeos Reus).

### 3.1.4. El acuífero cuaternario.

Formado por gravas y areniscas con espesores muy variables entre 5 y 20m. en el aluvial del Francolí y entre 20 y 30m. en los cuaternarios coluviales-marinos "back shores" en la zona de Salou y Pineda de Salou. Los valores de su transmisividad son del orden de los 500m<sup>2</sup>/día a 1.000m<sup>2</sup>/día y su coeficiente de almacenamiento del orden de  $2 \cdot 10^{-2}$  (sondeos Pineda de Salou).

### 3.2. La piezometría.

-Las distribuciones de los potenciales del acuífero cuaternario nos separa una zona de gradientes bajos en la costa con una explotación muy fuerte y una zona de mayor gradiente con aguas todavía dulces.

-La piezometría del plioceno es prácticamente plana con niveles cercanos a los 4m. s.n.m. (3,7m. en el V<sub>4</sub> y 4m. en el V<sub>6</sub>), sin embargo no se conoce su distribución E-W por falta de sondeos de exploración.

-La piezometría del mioceno muestra un claro cono de bombeo hacia el NW.

Las relaciones piezométricas entre ambos acuíferos son difíciles de establecer puesto que se carecen (si exceptuamos los piezómetros del I.G.M.E.) de sondeos abiertos a un solo acuífero.

Ahora bien, parece evidente una conexión directa entre los acuíferos miocénicos y cuaternarios del W de Salou, así como una total independencia, del plioceno respecto al cuaternario.

### 3.3. La intrusión marina.

#### 3.3.1. Intrusión natural.

Las calizas mesozoicas sufren una intrusión marina natural, por defecto de recarga ( $0,26 \text{ hm}^3/\text{año}$ ), mientras que el flujo potencial de salida debería ser de  $2,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ , lo cual se traduce en una intrusión marina que afecta a toda la estructura mesozoica por debajo del nivel del mar (No hay sondeos que permitan estudiar su distribución en profundidad).

#### 3.3.2. La intrusión en el acuífero mioceno.

El acuífero está prácticamente desconectado de las calizas mesozoicas, pero las brechas basales están en contacto directo con el mar, las formaciones superiores del "Castellón sandstones" (Ver fig.2) no lo están, pero el cuaternario salinizado (Ver fig.8) alimenta lateralmente con agua de 3.000 a 5.000 p.p.m. de  $\text{Cl}^-$  a las calcarenitas; es por esta razón que los sondeos  $V_1, V_2, V_3$  (Fig.5) tienen contenidos salinos altos, que se ponen de manifiesto en la relación  $\text{Cl}^-/\text{CO}_3\text{H}^-$  (fig.6).

#### 3.3.3. La no intrusión de los acuíferos pliocenos.

Tal como se ha expuesto en los epígrafes (2.1 y 3.1) el acuífero pliocénico del "Ebro Sandstones" se encuentra separado del Cuaternario por un horizonte impermeable de arcillas continentales, mientras que su base arcillosa "Ebro Clays", lo separa de las areniscas miocenas del "Castellón Sandstones".

Este dispositivo estructural permite la existencia de un acuífero confinado con agua de buena calidad, con conductividades de  $670 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 70 ppm de  $\text{Cl}^-$  80 ppm de  $\text{SO}_4^{--}$ .

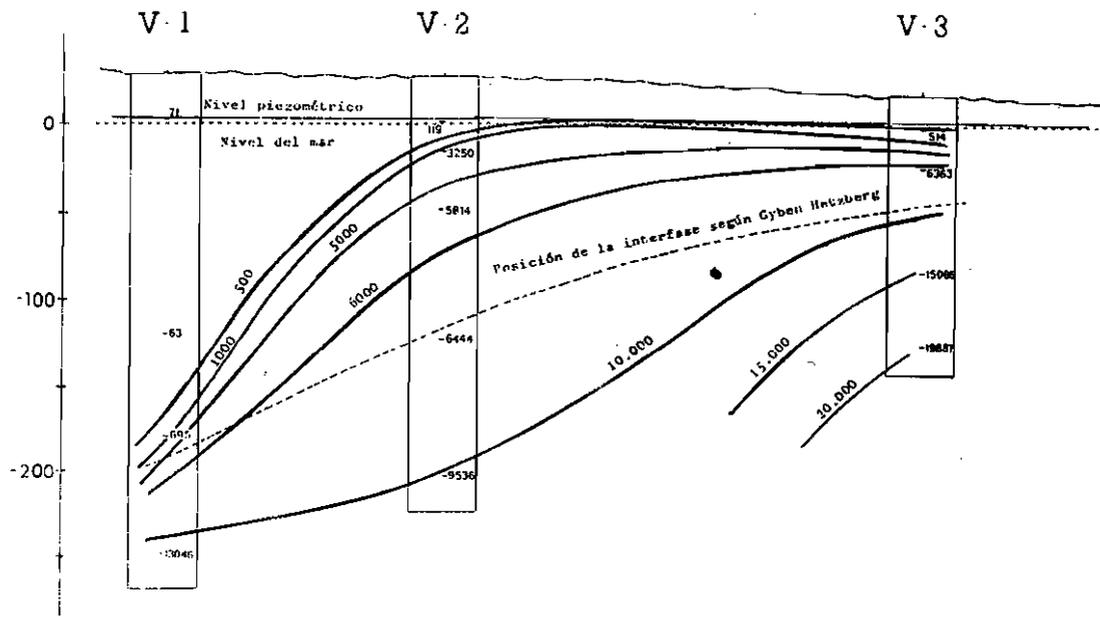
Este acuífero continúa estando confinado por debajo del mar hasta que el "Ebro Sandstones" se apoya sobre las estructuras mesozoicas a unos 10km. de la orilla (enfrente de Salou), tal como se deduce de los perfiles sísmicos marinos, la cota de esta unión cabe situarla entre los 300 y 400m. s.n.m.

Clavell y Albaiges(1.986), citan concentraciones de 800 y 900 e.p.m. de salinidad total en los sondeos cercanos a la costa (en las calizas, que no en el Ebro Sandstones), y una relación  $r\text{Mg}^{++}/r\text{Ca}^{++}$  de 1,2 en el agua marina, dichas relaciones son de unos 1.300 e.p.m. de salinidad total y una  $r\text{Mg}^{++}/r\text{Ca}^{++}$  de 5,3 (Custodio-Llamas-pag.1080), estos datos implican pues que el fluido que "lava" las estructuras cercanas a la costa proviene de las aguas dulces del "Ebro Sandstones".

N

ISOCLOREOS EN 1988 (Febrero)

S



NOTA: Las cantidades están expresadas en ppm de  $\text{Cl}^-$ .

0 0.5 1 km

FIG. -5

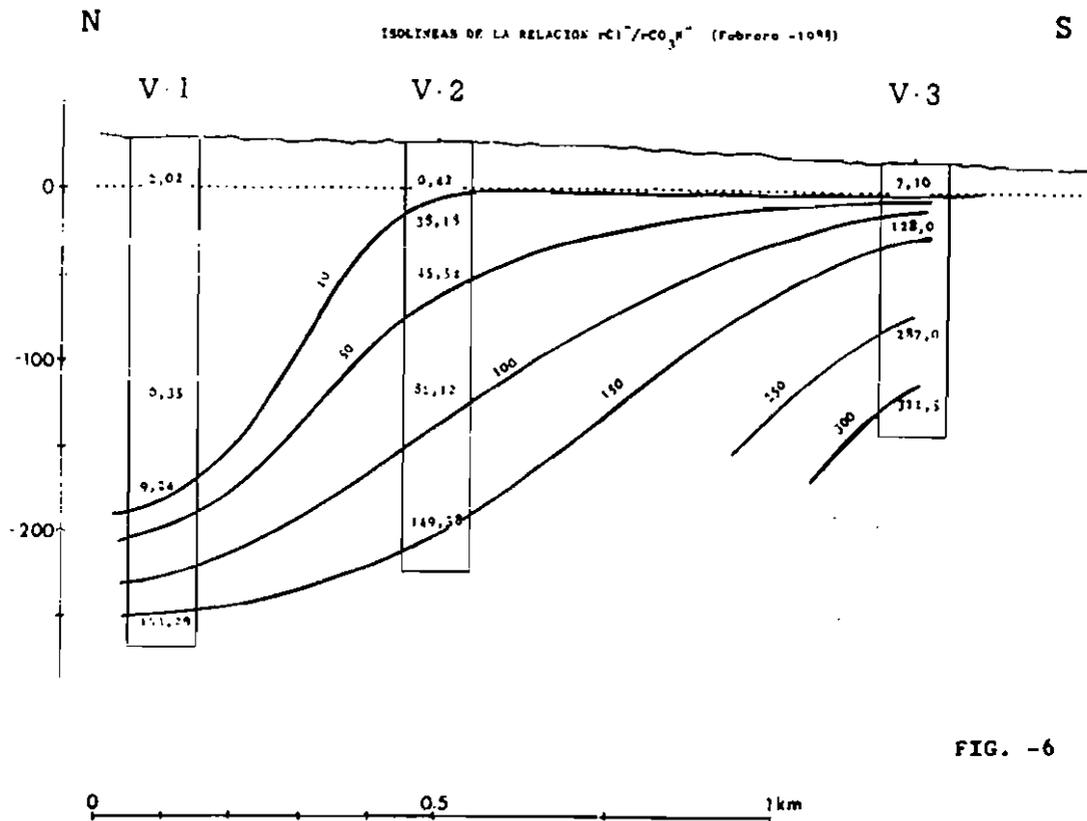
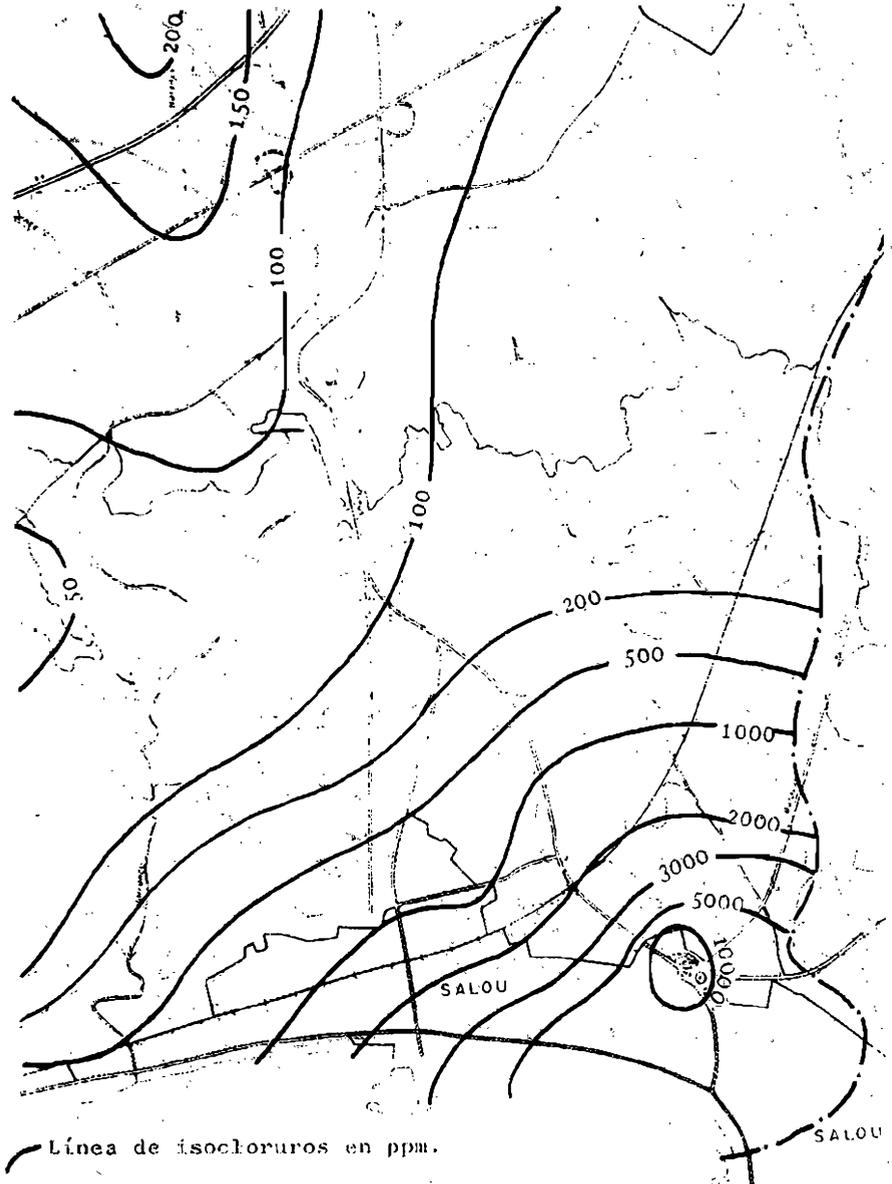


FIG. -6

ISOCORUROS EN EL ACUIFERO CUATERNARIO  
(VALORES MEDIOS ANUALES-1985)

(FIG. -8)



### 3.3.4. La intrusión del cuaternario.

El acuífero cuaternario de Salou está sometido a una explotación intensa, con un desequilibrio de la demanda en el invierno de  $0,24\text{hm}^3$  y en verano  $2\text{hm}^3$  en 1.986 la concentración media de los  $\text{Cl}^-$  era de unos  $4.100\text{ ppm}$  de  $\text{Cl}^-$  con puntas a finales de verano de  $9.000\text{ ppm}$  de  $\text{Cl}^-$ .

En el gráfico 1 puede verse que dos pozos (Europa I y Europa II), aportaban el 96% de los cloruros y solo el 68% del volumen de la explotación.

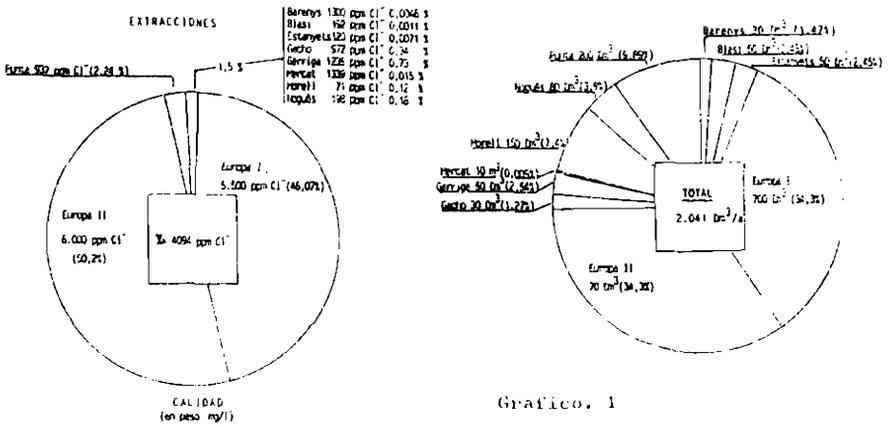


Gráfico. 1

En la figura 7 se han dibujado las isobatas de la base del cuaternario cuya cota  $0\text{m. s.n.m.}$  es teóricamente el límite de la máxima penetración de la cuña marina.

La intrusión marina se ha producido de una manera gradual por déficit de flujo, alcanzando en 1.987 unos  $2,5\text{hm}^3/\text{año}$ .

### 4. CONCLUSIONES.

-El estudio en un área piloto fuertemente salinizada, posibilita un estudio en profundidad de como actúan en cada caso los mecanismos de la intrusión marina.

-La realización de sondeos en el plioceno marino ha permitido constatar que no existe salinización, en el momento actual, por lo que la entrada en explotación de los sondeos para el abastecimiento de Reus permitirá calibrar en la costa la influencia de dicho bombeo en la calidad del

agua del acuífero.

-Los sondeos Vilaseca I,II,III han permitido verificar que existe una contaminación lateral al estar en contacto hidráulico el mioceno marino y el cuaternario intruido, lo cual explica la anomalía de las curvas de isosalinidad.

-Dada la gravedad puntual de los problemas que conlleva una salinización, se desea que las autoridades correspondientes tomen medidas de control y regeneración de acuíferos, ya que el conservar la capacidad de los embalses subterráneos en calidad y cantidad, debe ser un objetivo prioritario.

#### BIBLIOGRAFIA

- Torrens.J (1976) "Contribución al estudio de la salinidad en el área costera de Tarragona" I Simposium Nacional de Hidrogeología-Valencia-1.976 Vol.II pag. 1126-1155.
- Custodio.E.(1976) "Hidrología Subterránea" Capít. 10.1-págs. 1008-1083-Edit.Omega-Barcelona-1986.  
et altri
- Custodio.E.(1976) "Intrusión Marina en los acuíferos del litoral catalán" II Asamblea General de Geodesia y Geofísica-Barcelona 1.976.  
et altri
- Clavell (1986) "Petroleum geochemistry of de Tarragona Basin" Advances in organix geochemistry 1.986-Vol. 10-págs. 441-450.  
et altri
- Torrens.J (1987) "Nuevas aportaciones al conocimiento de la intrusión marina en los acuíferos del Camp de Tarragona" IV Simposium de Hidrogeología Tomo XII-págs. 207-222. Palma de Mallorca-1.987.
- Torrens.J (1987) "La estructura geológica profunda del Camp de Tarragona y su trascendencia hidrogeológica" IV Simposium de Hidrogeología. Tomo XI-págs. 193-207-Palma de Mallorca-1987.