

# ***INTRUSION MARINA FOSIL EN EL CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA)***

## ***Resumen***

### ***1. Introducción***

### ***2. Principales características hidrogeológicas del sector estudiado***

### ***3. Hidroquímica del acuífero Pliocénico***

#### ***3.1. Datos de base***

#### ***3.2. Índices hidroquímicos***

### ***4. Demostración hidrodinámica***

### ***5. Justificación geológica***

## ***Bibliografía***

INTRUSION MARINA FOSIL EN EL CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA)

Vicente MORA CUENCA (ENADIMSA)

Tomás RODRIGUEZ ESTRELLA (ENADIMSA)

Ramón ARAGON RUEDA (IGME)

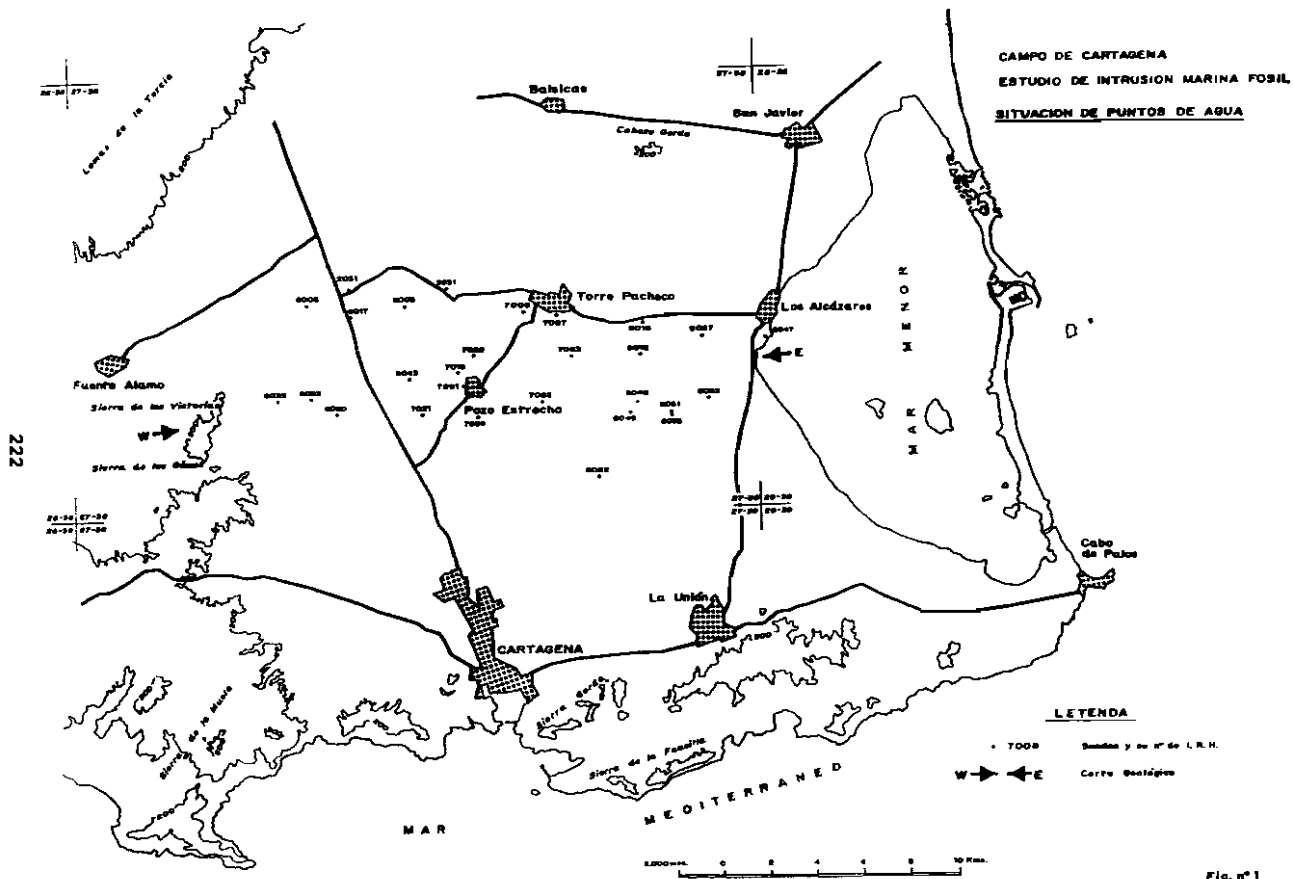
R E S U M E N

Se ha detectado un caso de intrusión marina fósil, ligada al acuífero arenoso del Plioceno, en el Campo de Cartagena. Los movimientos eustáticos del mar (transgresiones y regresiones) y la Neotectónica, hicieron posible el aislamiento de una porción del Mar Menor al Norte de la ciudad de Cartagena.

1. INTRODUCCION

La zona estudiada se sitúa en el sector central de la comarca del Campo de Cartagena (fig. 1) que constituye una complicada Unidad Hidrogeológica donde se asientan varios acuíferos superpuestos. Dicha comarca está situada en el Sureste español y está limitada al N. por la Sierra de Carrascoy, al S. por la Sierra de Cartagena y al E. por el Mar Mediterráneo y Mar Menor.

El Campo de Cartagena es una de las depresiones interiores postectónicas de las Cordilleras Béticas que se encuentra rellena por materiales neógenos, de más de 1.000 m. de espesor, predominando las margas, aunque existen intercalaciones de conglomerados, calcarenitas y areniscas. Este relleno se asienta discordante sobre materiales metamórficos del Bético, que están afecta-



dos por una tectónica de mantos de corrimiento. La estructura del neógeno del Campo de Cartagena es la de un sinclinatorio de buzamiento suave, aunque en su flanco septentrional presenta buzamientos incluso invertidos.

La existencia de intrusión marina fósil en el Sureste es pañol, y más concretamente en la Vega Baja del Segura, ya fué puesta de manifiesto por THAUVIN en 1974, corroborada por ECHALIER, GAUYAU, LACHAUD y TALON (1978) mediante métodos geofísicos, y relacionada con movimientos neotectónicos por RODRIGUEZ ESTRELLA (1979). En aquel caso se trataba de una intrusión marina en materiales detríticos no cementados (gravas y arenas), ligada a una transgresión cuaternaria; mientras que la que se presenta en esta comunicación es más antigua, ligada al Plioceno y a materiales detríticos compactados (areniscas).

## 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL SECTOR ESTUDIADO

Los materiales acuíferos del Campo de Cartagena son los siguientes: rocas carbonatadas del Trías, calizas, calcarenitas, areniscas y conglomerados del Mioceno y Plioceno y conglomerados y limos del Cuaternario.

Los impermeables están compuestos por filitas y micaesquistos del Paleozoico y Trías, margas del Mioceno y arcillas del Pliocuatnario y Cuaternario.

Este trabajo se va a referir sólo al acuífero areniscoso del Plioceno y más concretamente al sector central del Campo de Cartagena, comprendido entre la carretera nacional 301 y el Mar Menor. Aquí el acuífero es cautivo, encontrándose el techo a una profundidad de 60 a 135 m. y el muro comprendido entre 75 y 160 m, siendo su espesor medio de 15 a 20 m. Junto al Mar Menor la cota del techo del acuífero se encuentra por debajo del nivel del mar, concretamente a -135 m, existiendo un paquete de arcillas y margas suprayacentes de 90 m (fig. 7).

La superficie piezométrica del acuífero pliocénico está situada entre +20 y -20 m.s.n.m., siendo el sentido de flujo de W. a E. Las evoluciones piezométricas conocidas, desde el año 1973, indican que los niveles permanecen en equilibrio con máximas en invierno-primavera y mínimos al final del verano. Además en este sector existe un acuífero somero del Cuaternario coluvial desconectado del Plioceno por un importante impermeable margoso, encontrándose aquel en estado libre y su nivel piezométrico varía entre +50 y +5 m.s.n.m.

Las características hidrodinámicas del acuífero del Plioceno pueden considerarse como de valores medios a bajos, con caudales de explotación de 5 a 15 l/s. Por el contrario el acuífero del Cuaternario tiene peores características, aforándose caudales de tan solo 0,5 l/s.

### 3. HIDROQUIMICA DEL ACUIFERO PLIOCENICO

#### 3.1. DATOS DE BASE

Se ha contado con un muestreo llevado a cabo en el verano de 1981 cuya finalidad era únicamente conocer la calidad general de los puntos inventariados y no la de la intrusión marina - fósil. El principal obstáculo para realizar este estudio ha sido el de que la mayoría de los sondeos captaban los dos acuíferos, Plioceno y Cuaternario, existiendo por tanto una comunicación hidráulica entre ambos y una mezcla de calidades químicas.

Para salvar este problema, en primer lugar se han deshechado todas las muestras que fueron tomadas en reposo, es decir con tomamuestras, ya que sólo serían representativas del acuífero del Cuaternario, cuyo nivel piezométrico es superior al del Plioceno.

Por otro lado, hay que considerar que aunque las muestras tomadas en bombeos pertenecen a los dos acuíferos, Plioceno

y Cuaternario, la enorme diferencia entre los caudales específicos de ambos a favor del primero hace que se asigne, en este caso, la muestra como perteneciente al acuífero del Plioceno con la seguridad de que el error cometido es insignificante.

Se ha dispuesto de un total de 20 análisis de aguas, pertenecientes al acuífero del Plioceno.

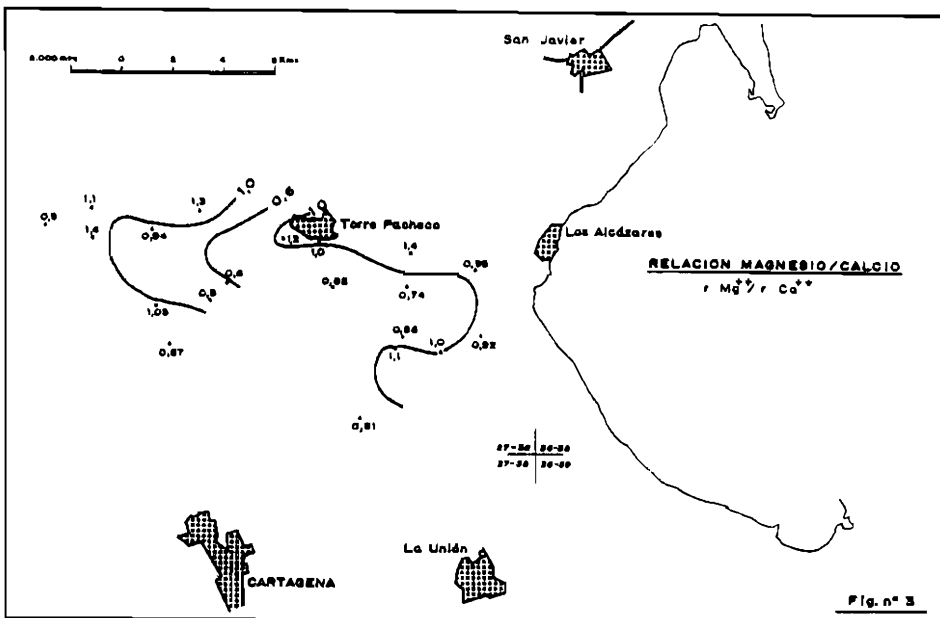
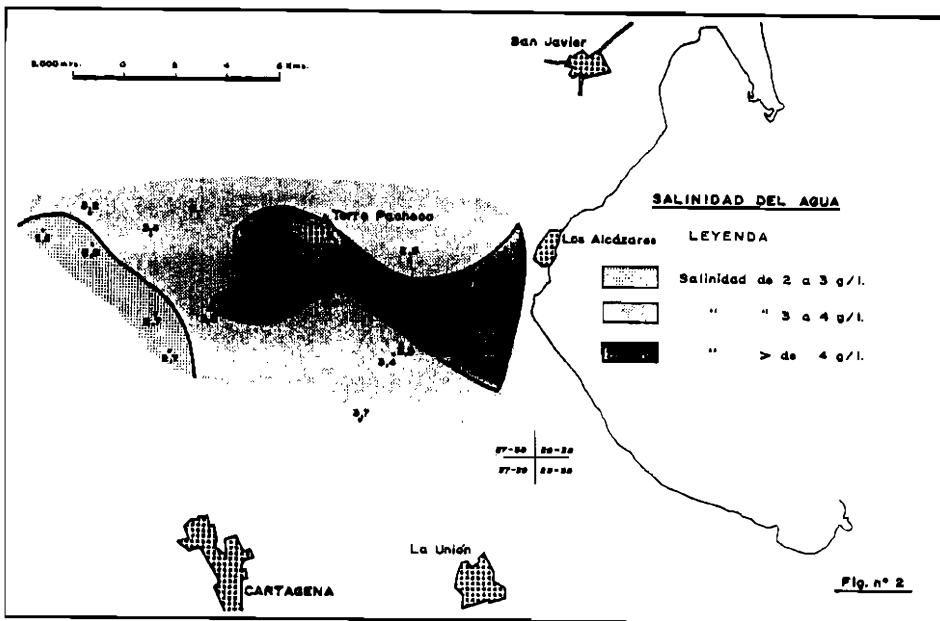
Según lo dicho anteriormente los resultados de este estudio deben considerarse como provisionales, si bien todo indica, - como se verá, que el fenómeno de intrusión marina fósil existe.

En próximos estudios se deberán obtener el mayor número de muestras posibles en bombeo y además otras tomadas en reposo - con tomamuestras a distintas profundidades.

### 3.2. INDICES HIDROQUIMICOS

Con los parámetros hidroquímicos obtenidos de los análisis se han confeccionado las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 donde se representa la salinidad del agua, relación magnesio/calcio, porcentaje de cloruros, relación cloruros/bicarbonatos y relación sulfatos/cloruros, respectivamente. Todos estos índices, salvo el último, deben ir aumentando en dirección al mar o hacia donde exista alguna influencia marina. También es sabido que la salinidad, el porcentaje de cloruros y la relación cloruros/bicarbonatos, normalmente aumenta en el sentido del flujo subterráneo sin necesidad - de ninguna influencia de agua del mar, aunque en el caso que se investiga los altos valores obtenidos para estos índices y la brusquedad con que aparecen, hace pensar en una influencia de tipo marino.

El mapa de salinidad del agua (fig. 2) presenta una "cuna salina" que se adentra en el continente a través de una franja, de un máximo de 5 Km de ancha y de 12 Km de longitud, a modo de una prolongación de la convexidad de la costa, existente al Oeste del Mar Menor junto a Los Alcázares. Puede observarse que la sa-



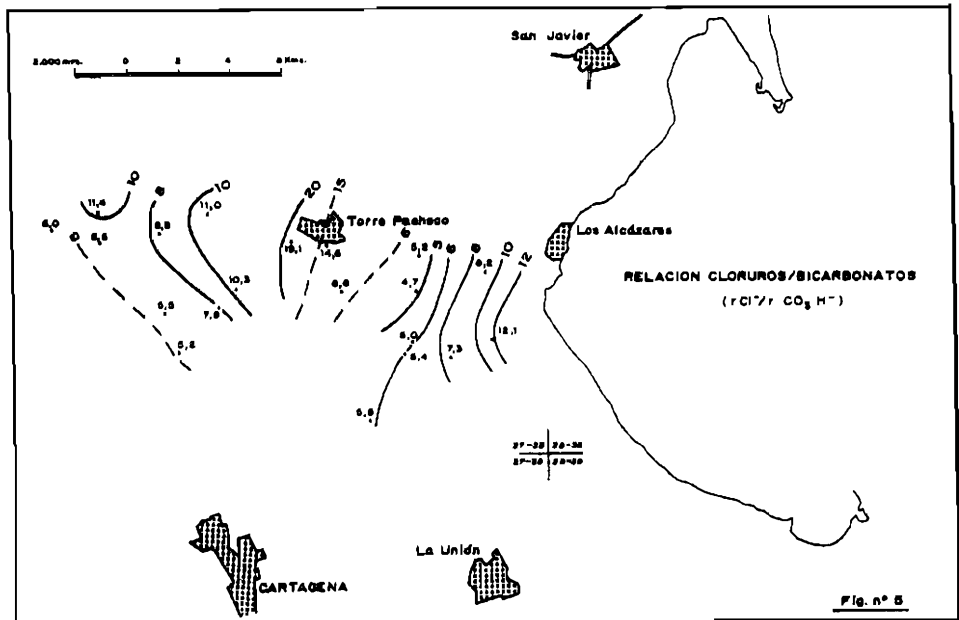
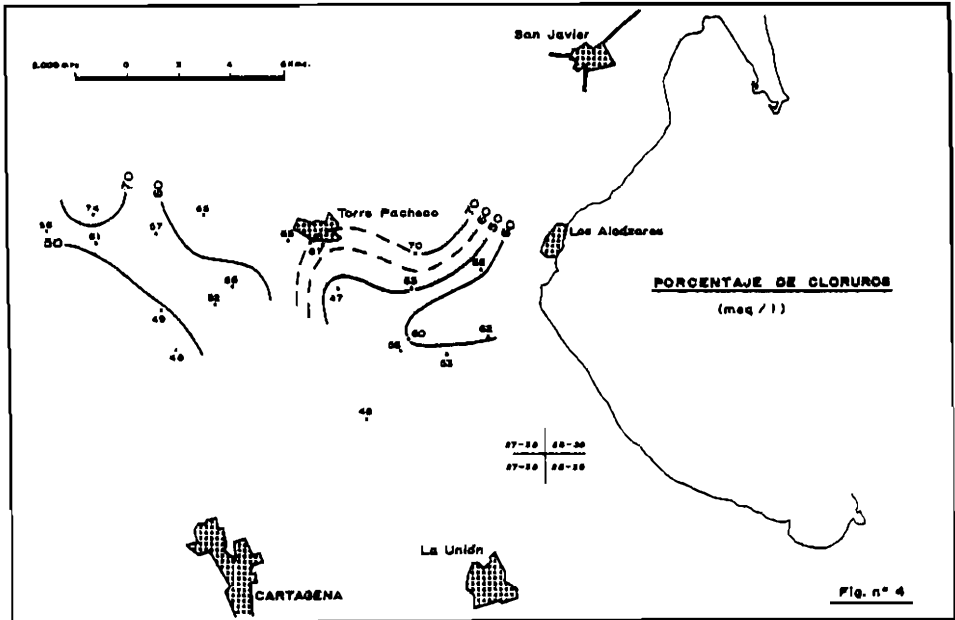
**CAMPO DE CARTAGENA**  
**Acuifero del Plioceno**

linidad pasa, de Oeste a Este, de 3,1 a 6,0 g/l en tan solo 3.300 m. de distancia (existe un incremento de 1 g/l por cada kilómetro); después baja a 5 g/l a mitad de la cuña, para de nuevo aumentar - hasta situarse en 6,5 g/l cerca del mar.

En el mapa de  $r \text{Mg}^{++}/r \text{Ca}^{++}$  (figura 3) se detectan valores próximos a 1 en toda la cuña salina lo que apoya la teoría de que la elevada salinidad tiene un origen marino. En detalle, y hacia el Oeste de la cuña, la relación citada baja a 0,6 para volver a subir a valores próximos a 1,4. En esta ocasión la causa - no tiene por qué ser de origen marino, ya que existe un importante cambio de facies litológicas del acuífero (fig. 7), pues pasa de areniscas, en la zona del frente salino, a arcillas y conglomerados menos permeables, lo que ocasiona, por cuestiones de intercambio iónico, un incremento de la relación magnesio/calcio; este hecho queda constatado también en acuíferos detríticos del Cuaternario situados en zonas del interior, como por ejemplo en la Vega Alta del Segura.

Algo parecido a lo que se acaba de explicar se aprecia en las figuras que representan el porcentaje de cloruros (fig. 4) y  $r \text{Cl}^-/r \text{CO}_3 \text{H}^-$  (figura 5), donde aparecen importantes valores - en la cuña, en las inmediaciones de Torre Pacheco, con 70% de cloruros y 20 en la relación cloruros/bicarbonatos (esta no suele pasar de 10 en acuíferos no ligados a influencias del mar, salvo - los que están en contacto con el Triás diapírico, circunstancia que no se da en el Campo de Cartagena). Desde Torre Pacheco hacia el mar se produce al principio una importante disminución de los índices citados y a continuación vuelven a subir netamente - hasta alcanzar el 62% y relación de 12 respectivamente, en las proximidades del mar; todo ello ocurre como si hubiera un agua marina "atrapada" hacia Torre Pacheco, donde los índices de intrusión alcanzan valores incluso superiores a los encontrados cerca del mar. Por otra parte tanto el porcentaje de cloruros como la relación de cloruros/bicarbonatos aumenta desde Torre Pacheco hacia el W por los mismos motivos comentados en el párrafo anterior, esto es, debido a un neto cambio lateral de los materiales del acuífero.





CAMPO DE CARTAGENA  
Acuífero del Plioceno



En definitiva, debe tenerse en cuenta que los índices hidroquímicos, indicadores de intrusión marina, a veces también manifiestan cambios hidroquímicos motivados por la geoquímica continental por lo que es fácil que uno pueda enmascarar al otro. Ahora bien las peculiares características de la cuña salina y la evolución de los parámetros estudiados hacen pensar que existe en el acuífero Plioceno del Campo de Cartagena una intrusión marina fósil motivada por los movimientos eustáticos del mar.

#### 4. DEMOSTRACION HIDRODINAMICA

Desde un punto de vista hidrodinámico, también se demuestra que existe una intrusión marina fósil, ya que ésta se manifiesta a 12 Km de la costa actual, que representa 19 veces la distancia teórica a la que se debería encontrar.

La fórmula de TODD da el caudal unitario de agua dulce:

$$q = 1/2 \left( \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \cdot \frac{k \cdot e^2}{L}$$

Siendo

- $\rho$  el peso específico del agua dulce
- $\rho_s$  el peso específico del agua del mar
- k la permeabilidad
- e el espesor del acuífero cautivo
- L la distancia al mar.

Por otra parte, el mismo caudal viene deducido por la Ley de Darcy

$$q = k \cdot e \cdot i$$

Haciendo iguales la dos ecuaciones, se tiene:

$$1/2 \left( \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \cdot \frac{k \cdot e^2}{L} = k \cdot e \cdot i$$

Es decir 
$$L = 1/2 \left( \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \cdot \frac{e}{i}$$

con  $\rho = 1$  y  $\rho_s = 1,025$ , se tiene que  $L = 0,0125 \frac{e}{i}$

El valor mínimo admisible del gradiente hidráulico  $i$  es  $1 \cdot 10^{-3}$  y sabiendo que el espesor medio del acuífero es de 25 m. y el máximo de 50 m., el valor máximo de  $L$  sería de unos 625 m., es decir, 19 veces menor que la distancia observada, por lo que puede deducirse que no se trata de una invasión marina actual sino de una reliquia de origen antiguo que se denominará marina fósil.

## 5. JUSTIFICACION GEOLOGICA

Todos los resultados obtenidos por métodos hidrogeológicos tienen, asimismo, una explicación geológica. En efecto, se ha analizado una zona costera situada dentro de una depresión interior postectónica, de topografía suave, en donde las transgresiones y regresiones del mar en los últimos tiempos han sido frecuentes al menos desde el Mioceno superior; además estos movimientos eustáticos han venido acompañados de una Neotectónica, lo que ha permitido en ocasiones que los movimientos epirogénicos hayan sido más tangibles.

La existencia de transgresiones y regresiones neógenas y cuaternarias en la costa murciana así como los efectos de una Neotectónica, ya fué advertida por primera vez por MONTENAT en 1970 y analizada con posterioridad por otros investigadores como LILLO CARPIO y SAUTIER (1982), RODRIGUEZ ESTRELLA y MONTES BERNARDEZ (1985) y RODRIGUEZ ESTRELLA Y LILLO CARPIO (1986).

Ahora lo que se va a poner de manifiesto es la existencia de un mar pliocénico que invadió gran parte de la depresión del Campo de Cartagena y que quedó "atrapado" en un sector por la acción de fallas que elevaron unas zonas y hundieron otras.

En el corte que representa la situación actual, de la figura nº 7, pueden observarse los siguientes hechos:

1º) La barra marina areniscosa del Plioceno aumenta, en general, su potencia de Oeste a Este, pero observada con detalle se advierte que existe un estrechamiento intermedio.

2º) La arenisca desaparece a la altura aproximada de Pozo - Estrecho, coincidente con una falla de gran salto, (más de 600 m.) y da paso a otra formación más moderna del Plio-Cuaternario.

3º) Esta última formación está relacionada con la Sierra de los Gómez que está representada por terrenos metamórficos de micaesquistos, cuarcitas y mármoles, por lo que la presencia de limos, arcillas y conglomerados en dicha formación viene justificada al tratarse de materiales coluviales, frutos de la erosión de dicha sierra; por eso se aprecia un engrosamiento de los mismos hacia relieves orográficos (acentuado ciertamente por la acción de una falla de borde) y un adelgazamiento incluso desaparición hacia el Este.

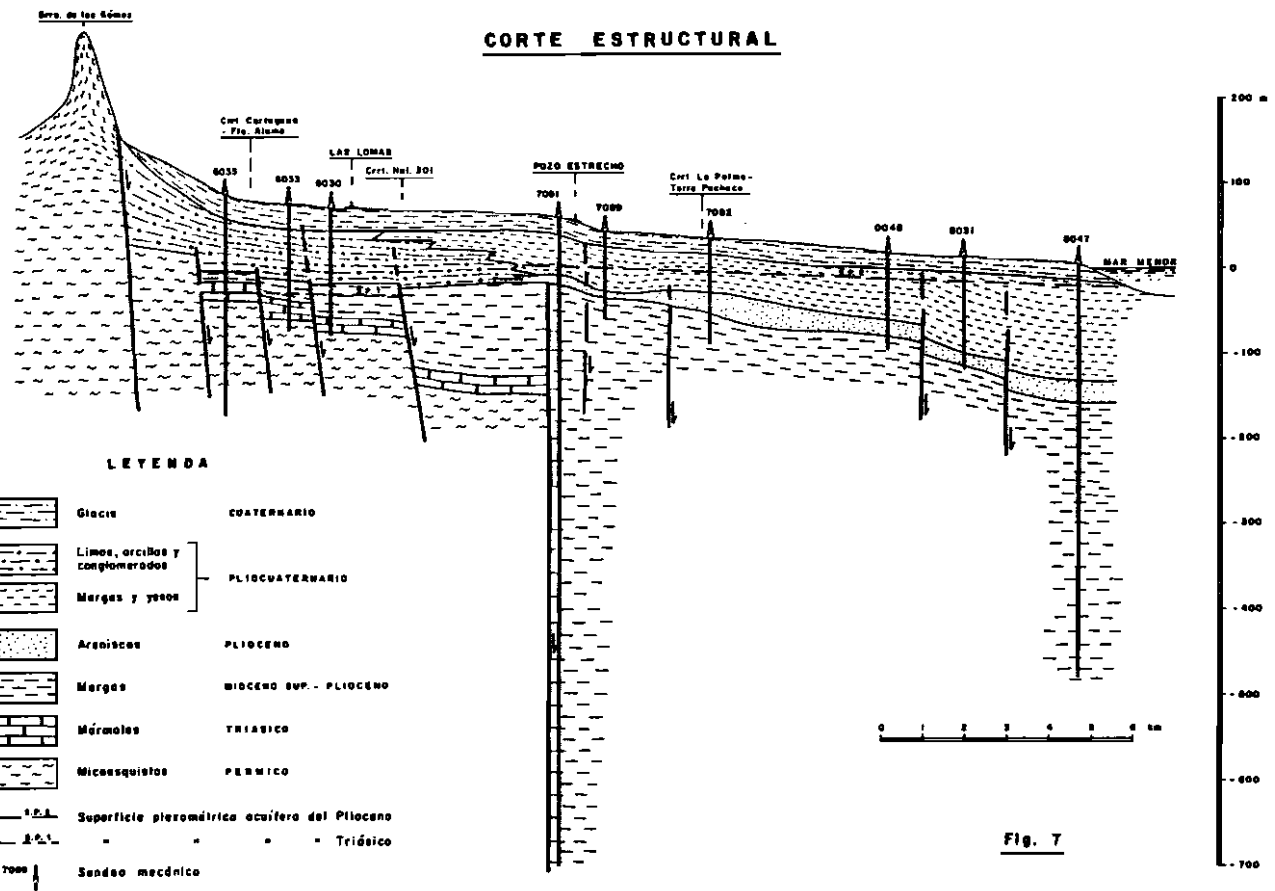
4º) Existe una tectónica de distensión (fallas normales), - cuyos bloques hundidos son siempre los orientales (hacia el mar).

5º) Las fallas afectan a los materiales permo-triásicos, - miocénicos y plio-cuaternarios, pero no a los cuaternarios, al menos es lo que se desprende del análisis de los sondeos, al presentar el glacis siempre el mismo espesor; aunque por observaciones de campo se sabe que existen adaptaciones y deformaciones a pequeña escala.

6º) Según parece, la neotectónica es más intensa a medida - que nos acercamos al mar, según se deduce del valor de los saltos de falla o de la inclinación de los estratos. (Los sondeos tocan el techo de la arenisca cada vez más profundo hacia el Este).

Con todo lo expuesto en este apartado se puede interpretar que la historia geológica debió ser la siguiente:

# CORTE ESTRUCTURAL



### LEYENDA

- |  |   |                         |
|--|---|-------------------------|
|  | Glacia  | CUATERNARIO             |
|  | Limas, arcillas y conglomerados               | PLIOCUATRNARIO          |
|  | Marges y yesos                                |                         |
|  | Areniscas                                     | PLIOCENO                |
|  | Marges  | MIOCENO SUP. - PLIOCENO |
|  | Mármoles                                      | TRIÁSICO                |
|  | Micassquistos                                 | PERMIANO                |
|  | Superficie piezométrica acuífera del Plioceno |                         |
|  | " " " " Triásico                              |                         |
|  | Sandeo mecánico                               |                         |

Fig. 7

a) Al principio del Plioceno el mar invadió gran parte del - Campo de Cartagena haciendo de barrera geográfica, entre otras, la Sierra de los Gómez-los Victorias que indudablemente estaba emergida, y en concreto la falla de Pozo Estrecho que presentaba seguramente un importante escarpe.

b) Tal vez coetánea a la transgresión o en toda caso algo - después (aunque dentro del Plioceno) tiene lugar una etapa de distensión que origina la estructura en bloque y algunos de éstos quedaron elevados con respecto a los otros; una de dichas elevaciones debió situarse en el sector del sondeo 8031 constituyendo así un umbral sedimentario no emergido, que separaba el mar abierto de un surco interior con mayor subsidencia, situado en el sector del sondeo 7082. La diferencia de espesores de arenisca atravesados por los sondeos en los distintos sectores pone de mani-fiesto esta teoría.

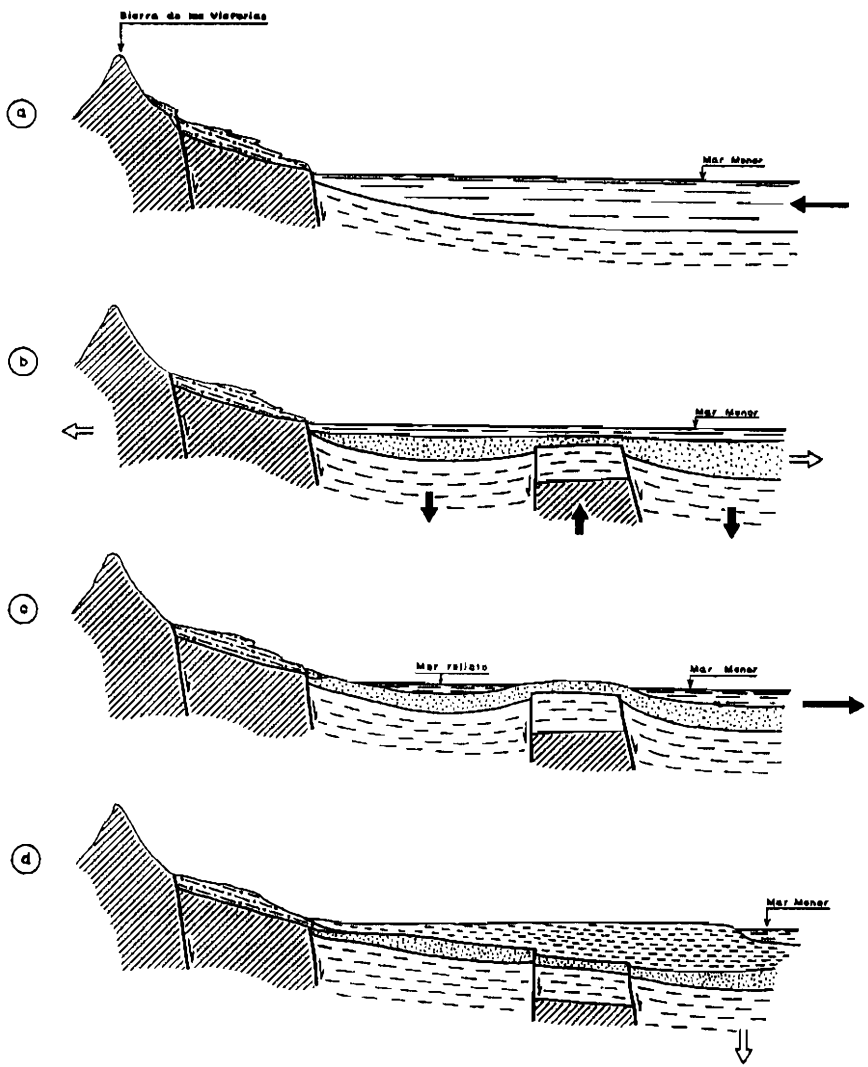
c) Una posterior regresión del mar dejó incomunicado una porción de éste en la zona de surco interior (mar relicto o fósil) cuya subsiguiente evaporación traería consigo una mayor concen-tración en sales que en el resto del Campo de Cartagena.

d) Hacia finales del Plioceno, incluso se observa que conti-núa en el Cuaternario reciente (RODRIGUEZ E. y MONTES B. - 1985), tiene lugar un hundimiento progresivo de la costa lo que origina que todas las fallas tengan el bloque oriental hundido.

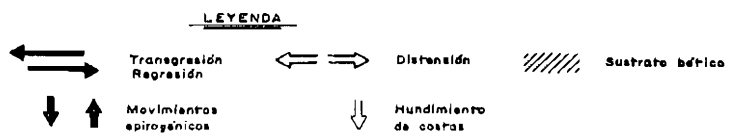
En la fig. 8 aparecen las distintas fases de la histo-ria geológica al Este de la Sierra de los Gómez-los Victorias, durante el Plioceno.

#### BIBLIOGRAFIA

ECHALIER, J.C.; GAUYAU, F.; LACHUD, J.C. et TALON, B. (1978).- -  
Premiere mise en évidence par sondages électriques d'accidents affectant les terrains quaternaires récents dans la province d'Alicante (Espagne). C.R. Acad SC. Paris. T. 286 serie D, -  
pg. 1129-1131.



**DISTINTAS FASES DE LA HISTORIA GEOLOGICA AL ESTE DE LA SIERRA DE LOS VICTORIAS DURANTE EL PLIOCENO**



**Fig. nº 8**



- I.G.M.E. (1988).- Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca del Segura.
- LILLO CARPIO, M. y SAUTIER CASASECA, G. (1982).- Contribución al estudio geomorfológico del Mar Menor. "El Cabezo del Calnegre". *Tecniterrae* nº 48 pp 62-71.
- MONTENAT, C. (1970).- Sur l'importance des mouvements orogéniques récents dans le Sud-Est de L'Espagne (Provinces d'Alicante - et de Murcie). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 270, pp. 3194-3197.
- RODRIGUEZ ESTRELLA, T. (1979).- Contribución de la Hidrogeología al conocimiento tectónico en el sureste español. II Simposio Nacional de Hidrogeología. Pamplona.
- RODRIGUEZ ESTRELLA, T. y MONTES BERNARDEZ, R. (1985).- Estudio de las líneas de costa durante el Pleistoceno en un sector de Cartagena (Nota preliminar). I Reunión del Cuaternario - Ibérico. Grupo Esp. de Trab. del Cuaternario. Lisboa.
- RODRIGUEZ ESTRELLA, T. y LILLO CARPIO, M. (1986).- Los movimientos horizontales y verticales recientes y su incidencia en la geomorfología del litoral comprendido entre la Sierra de Las Moreras (Murcia) y la de Almagrera (Almería).
- THAUVIN HELIX, J.P. (1974).- Contaminación marina fósil en la Vega Baja del Valle del Segura. *Doc. de Inv. Hidrol.* nº 16, - pp. 327-341. San Sebastián.