

**HIDROGEOLOGÍA
Y
RECURSOS HIDRÁULICOS**

XXVII

**VIII Simposio
de Hidrogeología**

COMUNICACIONES
editadas según los textos enviados por los autores

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE HIDROGEÓLOGOS

Editor: Antonio Fernández Uría

Zaragoza, 18 – 22 de octubre de 2004

NIPO: 657-04-028-5

Deposito Legal: M - 41869 - 2004

Fotomecánica: Inforama, S.A.

Imprime: Ibergraphi 2002, S.L.L.

NUEVOS DATOS SOBRE LA ESTRATIGRAFÍA DE SUBSUELO DEL ACUÍFERO DE TORREVIEJA (ALICANTE): IMPLICACIONES EN EL MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO

SANTISTEBAN NAVARRO, Juan Ignacio. Univ. Complutense de Madrid.
MEDIAVILLA LÓPEZ, Rosa M^a. Instituto Geológico y Minero de España.
MARTÍNEZ SANTOS, Pedro. Univ. Complutense de Madrid.
CASTAÑO CASTAÑO, Silvino. Instituto Geológico y Minero de España.
MARTÍNEZ ALFARO, Pedro Emilio. Univ. Complutense de Madrid.
MURILLO DÍAZ, José Manuel. Instituto Geológico y Minero de España.
LÓPEZ GETA, Juan Antonio. Instituto Geológico y Minero de España.
RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, L. Diputación Provincial de Alicante.

Palabras clave: Estratigrafía de subsuelo, discontinuidades, acuífero de Torrevieja, intrusión marina.

Resumen

El análisis estratigráfico de sondeos de investigación realizados en el acuífero de Torrevieja pone de manifiesto la coincidencia de las unidades hidrogeológicas con las estratigráficas y permite una mayor precisión en la definición de las primeras al poder constatar que las variaciones internas dentro de las unidades estratigráficas tienen reflejo en la geometría de los acuíferos y los parámetros hidrogeológicos. Asimismo, la interpretación genética de los sedimentos y la caracterización de las discontinuidades que los limitan permiten realizar una extrapolación predictiva de las características geológicas de subsuelo que pueden ser aplicadas a la modelización de las unidades hidrogeológicas.

Introducción

El acuífero costero de Torrevieja se sitúa en la zona sur de la provincia de Alicante (Fig. 1). De acuerdo con los datos de los escasos sondeos disponibles, se ha venido considerando que el acuífero está compuesto de areniscas y carbonatos cuyo espesor medio oscila entre 30 y 100m, y su extensión es de 167km² aproximadamente (García Aróstegui et al., 2003). El nivel permeable presenta como base una capa impermeable margosa del Mioceno superior, mientras que una marga blanca pliocena situada a techo lo confina parcialmente. Existen unos 13km² de afloramientos permeables que permiten una recarga directa de agua de lluvia al acuífero. El acuífero está completamente rodeado de límites impermeables, excepto en el borde oriental, donde se cree que está en contacto con el mar.

Existen en la zona dos lagunas saladas, la de Torrevieja y la de La Mata. Estas lagunas están conectadas entre sí y con el mar mediante canales artificiales, y se utilizan para la producción de sal. Tradicionalmente se ha considerado que las lagunas están desconectadas del acuífero.

La explotación intensiva del acuífero comenzó en la década de 1960, debido principalmente a las necesidades de agua para riego. Posteriormente la urbanización ha experimentado un crecimiento en el área, por lo que se ha incrementado la explotación de aguas subterráneas, estimándose en unos 5hm³/a el bombeo actual (Hornero et al., 2003).

Por otra parte, el acuífero presenta en algunas zonas, especialmente en las de mayor incidencia de la explotación, altas concentraciones en algunos componentes, especialmente cloruros, por lo que se ha considerado la existencia de una intrusión marina desde el Mediterráneo.

La puesta en marcha de un estudio destinado a la caracterización de dicha intrusión, apoyada en un modelo matemático de densidad variable, ha puesto en evidencia, en sus primeros resultados, la necesidad de concretar más exhaustivamente la forma y relaciones estratigráficas y geometrías de las diferentes formaciones geológicas entre sí, con el mar y las lagunas (Martínez-Santos et al, 2004). Para ello se han perforado 2 sondeos de investigación hidrogeológica, de los que se presentan los primeros resultados. La interpretación paleogeográfica de éstos tiene importancia capital en el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero y, por tanto, en la existencia de intrusión marina.

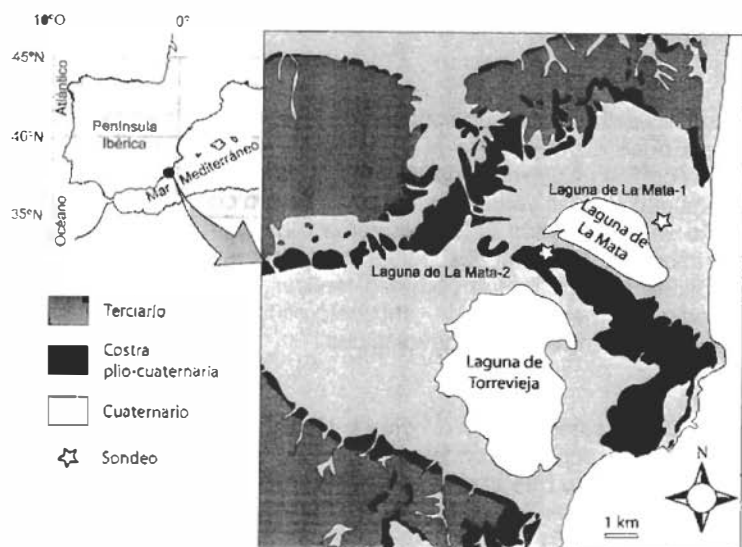


Figura 1.- Situación geográfica y geológica de la Laguna de La Mata y situación de los sondeos estudiados.

Situación geológica

Las lagunas de Torrevieja y La Mata se sitúan en el extremo oriental de la Cordillera Bética al sur de la denominada Depresión del Bajo Segura.

Esta zona obtuvo su configuración actual en tiempos recientes (Holoceno) y hasta el Pleistoceno se trató de un área con mayor o menor grado de conexión con

las restantes cuencas del Prebético (Montenat et al., 1996; Montenat y Ott D'Estevou, 1996).

Su historia reciente, que se inició a finales del Messiniense, está relacionada con los diferentes pulsos tectónicos que, hasta hoy en día, modelan el relieve de la zona y que provocaron el desarrollo de discontinuidades de carácter regional que delimitan las principales unidades estratigráficas identificadas.

Las principales unidades reconocidas a nivel regional corresponden al Tortoniense superior-Messiniense, Messiniense-Plioceno inferior, Plioceno-Pleistoceno basal, Pleistoceno y Holoceno. Todas ellas están separadas por discontinuidades relacionadas con tectónica compresiva o de desgarre (cabalgamientos, fallas transcurrentes y pliegues).

Martínez et al. (1977) identificaron estas unidades en los afloramientos y sondeos realizados en la zona de Torrevieja y las interpretaron en relación a variaciones del nivel del mar ligadas a la tectónica. Tectónica que al mismo tiempo era responsable de importantes variaciones de espesor y facies que se dan en cortos espacios.

Los sondeos estudiados se localizan en las proximidades de la Laguna de La Mata (Fig. 1), en sus extremos oriental y occidental, y a una cierta altura sobre la laguna, por lo que no penetraron en materiales holocenos.

Unidades estratigráficas en el acuífero de Torrevieja

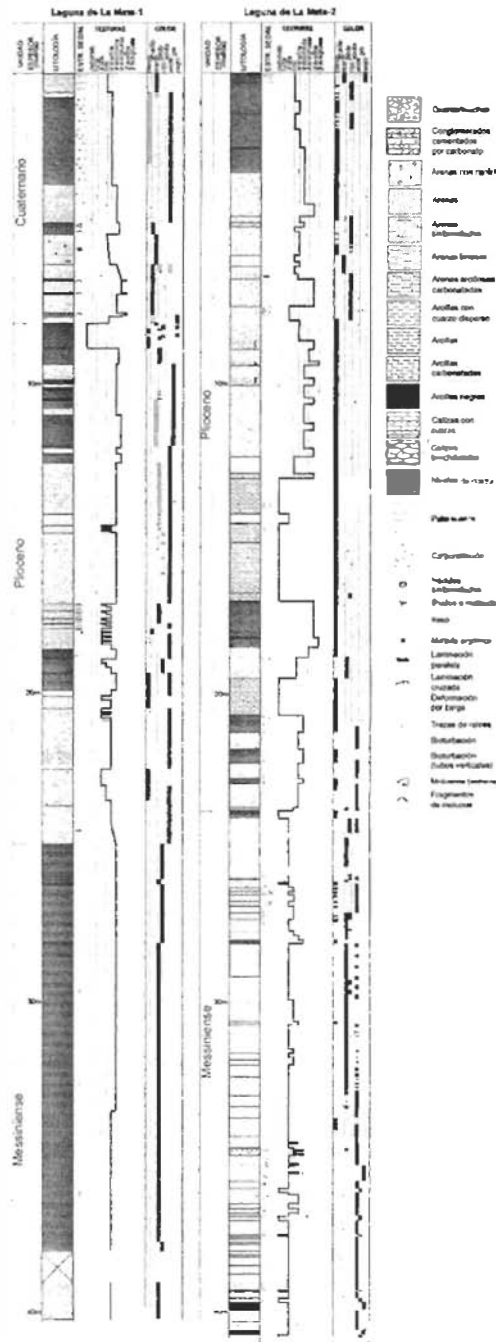
El registro estratigráfico representado en los sondeos del área de la laguna de La Mata está compuesto por tres grandes unidades separadas por discontinuidades de carácter regional y que abarcan desde el Messiniense hasta la actualidad.

Unidad 1 (Messiniense): Es una unidad cuya composición varía de forma sustancial en sentido lateral.

Hacia el este (sondeo Laguna de la Mata-1) los sedimentos, 11.2m registrados, son areniscas muy bien calibradas, pobres en matriz y muy cementadas por carbonato. Presentan tonos pardos-verdes pero no es raro encontrar trazas de raíces rellenas por arenas de color rojo a pardo. Las características texturales y composición de los materiales indican un ambiente con una alta capacidad selectiva como el marino somero si bien la presencia de trazas de raíces revela que estuvo sometido a frecuentes emersiones, lo que podría apuntar a un medio litoral o de isla-barrera.

Al oeste (sondeo Laguna de La Mata-2) la sucesión, 16.9m registrados, está compuesta de muro a techo por arcillas laminadas verdes y negras con abundantes bioclastos que pasan a calizas y arcillas verdes bioturbadas con bioclastos. Hacia techo estos materiales se van cargando en cuarzo, aumenta el tamaño de grano y comienzan a mostrar rasgos de exposición (nodulización, encostramiento, hidromorfia) a medida que el color cambia hacia tonos pardos o a un moteado verde-pardo. El contenido fósil de la base de la unidad y las litologías representadas indican un ambiente claramente marino somero y protegido (bahía) que hacia techo, como indica el cambio de coloración, el incremento en el tamaño de grano y la presencia de rasgos de exposición, pasa a continental.

Esta unidad culmina con un nivel de arenas muy encostradas en el sondeo Laguna de La Mata-2 que, junto con la cementación carbonatada de los sedimentos



del otro sondeo, constituye un nivel de discontinuidad sobre el que se depositan los materiales posteriores.

Unidad 2 (Plioceno): Esta unidad se encuentra limitada a muro y techo por costras carbonatadas registradas en ambos sondeos y constituye la unidad de mayor interés hidrogeológico de este estudio. Su variabilidad litológica es notable así como su registro ambiental.

En el sondeo Laguna de La Mata-1 esta unidad (16.7m de espesor) está compuesta fundamentalmente por arenas verdes masivas, con laminación paralela o cruzada y un grado de carbonatación variable en las que pueden llegar a desarrollar verdaderos niveles de costra de espesor decimétrico a métrico como el que culmina la unidad. Ocasionalmente aparecen paleosuelos argílicos de color rojo o tonos pardos dando un moteado. Estos materiales registran ambientes marinos someros que ocasionalmente pudieron quedar emergidos.

Es necesario indicar que son abundantes los tramos fluidificados debido a la presencia de aguas actuales.

En el sondeo Laguna de La Mata-2 la composición de la unidad (23.8m de espesor) es mucho más variada. La sucesión comienza por arenas verdes con perfiles de encostramiento similares a las arenas del otro sondeo. Sobre estas arenas se disponen calizas

Figura 2.- Columnas estratigráficas de los sondeos de Laguna de La Mata-1 y Laguna de La Mata-2.

brechificadas, con porosidad fenestral y trazas de raíces entre las que se intercalan niveles de limos encostrados y un nivel de gravas encostradas con cantos de caliza. A continuación se encuentran secuencias de gravas, arenas y lutitas con un grado de carbonatación variable, trazas de raíces y paleosuelos. Estos materiales, a techo se encuentran fuertemente encostrados. En este sondeo, se observa un tránsito de ambientes marinos someros (arenas verdes) a continentales ya sea lacustres litorales (calizas brechificadas) como aluviales (secuencias de gravas, arenas y lutitas).

Es de destacar que, como en el sondeo anterior, la fluidificación por aguas actuales es abundante, si bien cabe destacar que no se encuentran desarrollados en los niveles de calizas brechificadas.

Unidad 3 (Cuaternario): Sólo se encuentra representada en el sondeo Laguna de La Mata 1, donde alcanza los 8.1m de espesor. Por su posición elevada con respecto a la laguna, deben ser de edad Pleistoceno.

Los sedimentos representados son arenas y limos ricos en fragmentos y conchas enteras de bivalvos y gasterópodos marinos. Estos sedimentos, por su textura y contenido fósil se interpretan como depósitos marinos litorales.

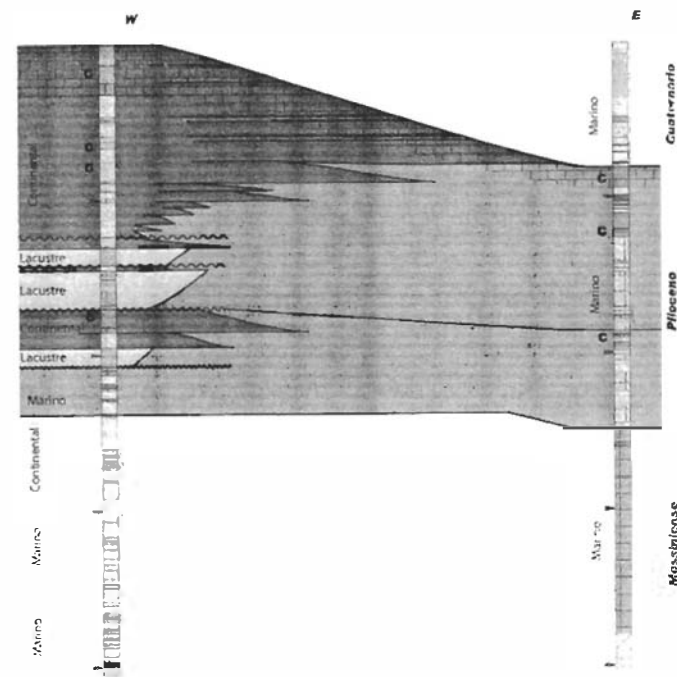


Figura 3.- Correlación e interpretación paleogeográfica de los sondeos estudiados (C: niveles de costra).

La correlación de ambos sondeos, junto con los datos de superficie, (Fig. 3) permite hacer una reconstrucción paleogeográfica en la que se observa que las zonas emergidas (continente) se disponían hacia el oeste mientras que el mar abierto lo hacía hacia el este. La evolución que se registra muestra subidas y bajadas del nivel del mar, responsables de la distribución de facies dentro de cada unidad y de las rupturas que las separan. Así, la Unidad 1 muestra un descenso del nivel del mar que tiene como consecuencia la implantación de facies continentales, probablemente próximas al litoral, a techo del sector occidental. Este descenso debió culminar con una caída acelerada de este nivel que provocó el desarrollo de la costra que constituye el límite de la unidad.

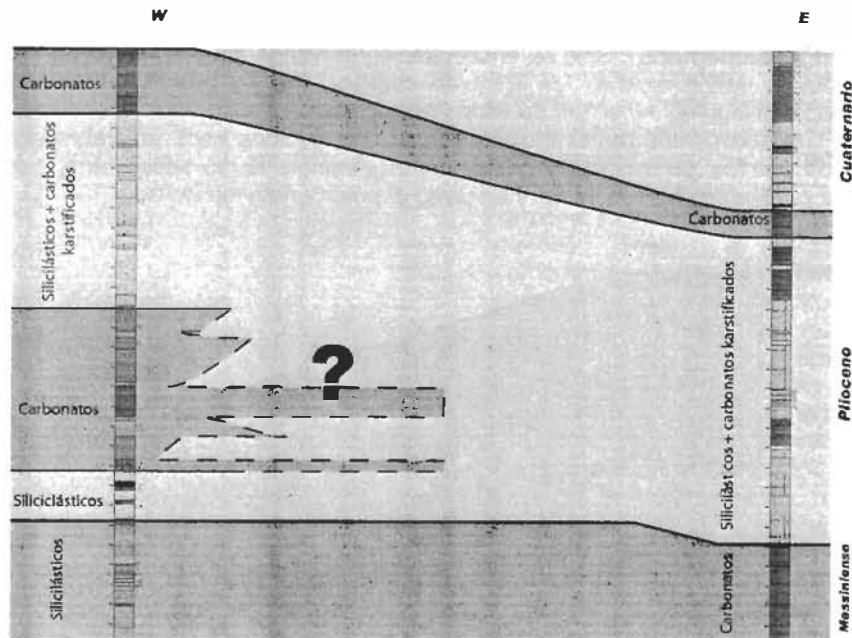


Figura 4.- Esquema de distribución de los principales grupos litológicos. Es de destacar el que los carbonatos actúan como barreras impermeables constituyendo tanto los límites como las discontinuidades internas del acuífero (Unidad 2, Plioceno).

Un ascenso del nivel del mar provocó el desarrollo de los niveles marinos de la base de la Unidad 2. Un nuevo descenso relativo del nivel del mar, que pudo ser motivada tanto por una caída eustática como por causas tectónicas, propició el desplazamiento de la línea de costa hacia el este y la implantación de sistemas continentales en el oeste cada vez con mayor capacidad de transporte. El máximo descenso del nivel del mar, probablemente motivado por la elevación tectónica de esta área, quedó registrado en la costra que se identifica tanto en los dos sondeos como en la cartografía geológica regional.

Finalmente, en el Pleistoceno, un nuevo ascenso eustático, que no llegó a alcanzar los niveles anteriores, provocó el que el mar volviera a ocupar esta área, si bien con una extensión menor.

Discusión. Posible influencia de la distribución de los sedimentos en el origen de la salinización del acuífero de Torre Vieja

El acuífero estudiado en relación con la posible intrusión marina en el área de Torre Vieja se corresponde con los materiales de la Unidad 2 (Plioceno) identificados en los dos sondeos estudiados. Este nivel, ha sido modelizado como un acuífero geoméricamente homogéneo y los estudios realizados hasta el momento indican que la intrusión marina no es de gran importancia en la zona. Sin embargo, el análisis estratigráfico de subsuelo permite añadir ciertos matices a estos resultados previos.

Por una parte, el acuífero estudiado no es homogéneo ya que las variaciones litológicas identificadas permiten establecer que hay cambios de permeabilidad relacionados con las variaciones granulométricas que se aprecian de oeste a este (Fig. 4). La presencia de niveles de gravas (muy permeables) hacia el oeste hace pensar que estos niveles, al aflorar en superficie, son los niveles de recarga de este acuífero.

Así mismo los niveles de calizas lacustres son una inhomogeneidad interna de extensión considerable que permite dividir este acuífero en dos tramos (Fig. 4).

Con respecto al origen de la salinidad, los materiales terciarios que rodean esta cubeta presentan facies evaporíticas sulfatadas, por lo que no son probables como fuente de cloruros en cantidades considerables.

Por otra parte, la identificación de la costra que constituye el techo de la Unidad 2 tanto en subsuelo como en superficie y su baja permeabilidad hace poco probable que aguas procedentes de las lagunas salinas suprayacentes, en las que sí se forman cloruros, contaminen los niveles inferiores.

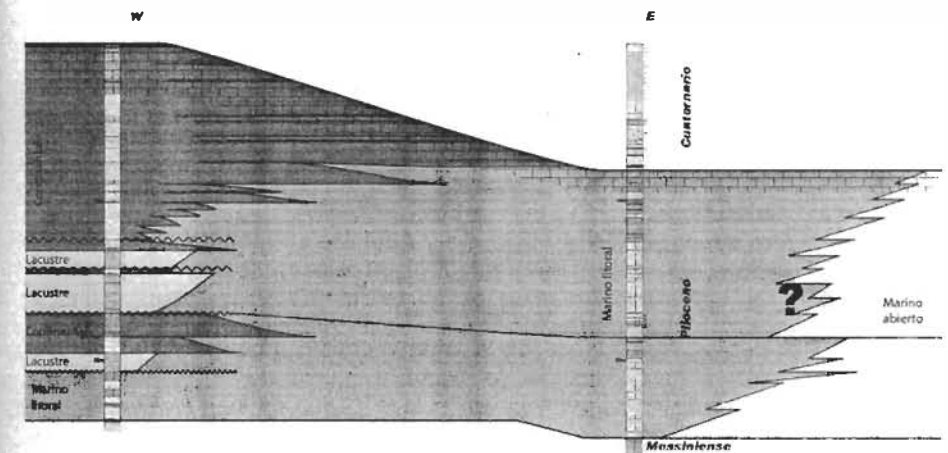


Figura 5.- Reconstrucción paleoambiental en la que se propone tentativamente la distribución de los materiales marinos abiertos (facies de baja permeabilidad) a partir de la distribución de los restantes materiales.

Si la salinización procediera de intrusión marina, de este a oeste, debería penetrar por los materiales marinos litorales que se han identificado en el sondeo oriental. Sin embargo, la modelización realizada hasta el momento indica que esta intrusión no es importante. Desde el punto de vista estratigráfico, se podría explicar por el hecho de que los materiales litorales mencionados deben pasar hacia el este a materiales de grano cada vez más fino (marino abierto) y, por lo tanto, cada vez menos permeables (Fig. 5). El mayor o menor grado de intrusión vendría determinado por la posición de esos materiales en subsuelo, la cual depende de la distribución paleogeográfica para este episodio.

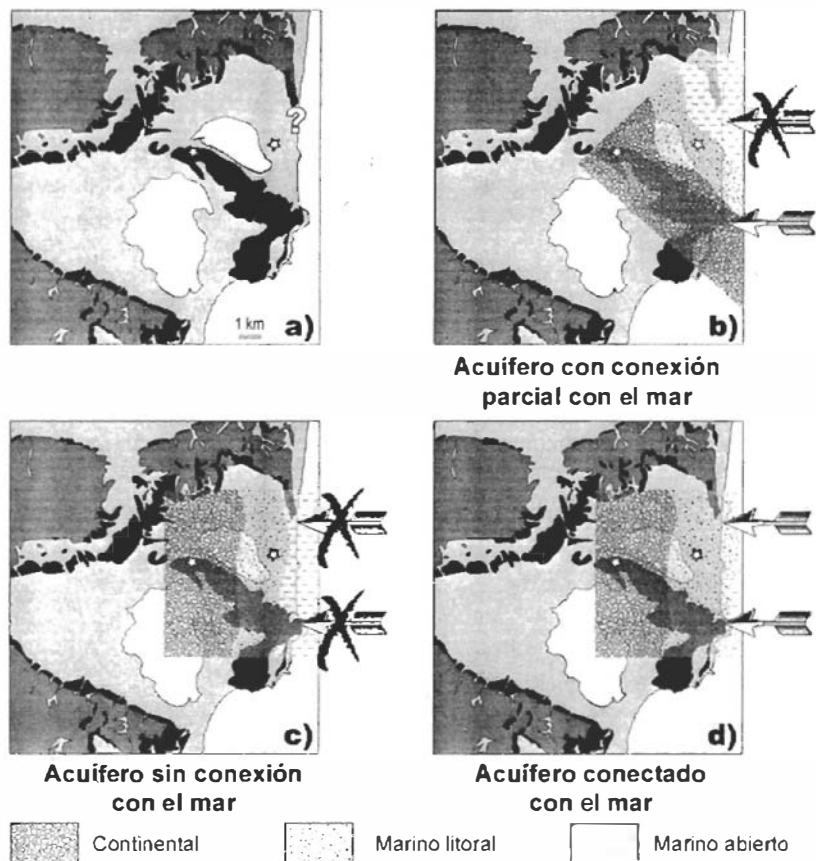


Figura 6.- Posibles configuraciones de la línea de costa pliocena y su influencia sobre la potencial intrusión marina (la figura a muestra una síntesis de los afloramientos de las distintas formaciones; a: localización de los sondeos, b, c, d: diferentes distribuciones de facies posibles y sus consecuencias con respecto a la intrusión marina; flechas: posibilidad o no de entrada de aguas marinas al acuífero).

Así, si los materiales marinos abiertos se disponen muy próximos a la costa u oblicuos a la línea de costa actual (Fig. 6b y c) la intrusión marina estaría restringida o bloqueada por un nivel de baja permeabilidad. Sin embargo, si estos materiales se encuentran a una cierta distancia mar adentro (Fig. 6d), entonces no hay una barrera litológica para la intrusión y en ese caso habría que investigar otras posibles barreras (tectónicas, etc.).

Es por ello, que es necesario realizar nuevos sondeos que permitan la reconstrucción tridimensional de esta unidad y situar de modo preciso las posibles barreras litológicas.

Agradecimientos.

Los sondeos han sido financiados por la Diputación Provincial de Alicante, queriendo agradecer especialmente los autores a Juan Antonio Hernández Bravo las facilidades prestadas. Así mismo quieren agradecer al personal de la oficina del IGME en Murcia su colaboración.

Referencias.

- García Aróstegui J.L., Aragón Rueda R., Hornero Díaz J. (2003). *Situación de los acuíferos costeros de Cabo Roig y Torrevieja (Alicante) en relación con la explotación intensiva de sus recursos hídricos*. In: *Coastal aquifers intrusion technology: Mediterranean countries*. Proceedings of the 2003 TIAC Congress. IGME, Madrid.
- Hornero, J., Ramos, G., Viñuales, R., Rodes, J.J., Rodríguez, L. (2003). Procedimientos de control para evaluar el impacto de las extracciones de recursos subterráneos salobres en acuíferos salinizados de la zona sur de la provincia de Alicante. In: *Coastal aquifers intrusion technology: Mediterranean countries*. Proceedings of the 2003 TIAC Congress. IGME, Madrid.
- Martínez, W., Núñez, A. y Colodrón, I. (1977) Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja 935 (Torrevieja). Ministerio de Industria, Madrid. 19 pp.
- Martínez-Santos, P., Martínez Alfaro, P.E., Santisteban, J.I., Mediavilla, R., Murillo, J.M., Homero, J., Aragón, R. (2004). Assessment of seawater intrusion by means of a variable density model (Torrevieja aquifer, Spain). Poster presentado en el 18th Saltwater Intrusion Meeting, Cartagena (España), 31 Mayo – 3 Junio, 2004.
- Montenat, Ch., Ott D'Estevou, P. y Pierson D'Autrey, L. (1996) Miocene basins of the eastern Prebetic Zone: some tectonosedimentary aspects. In: Friend, P.F. y Dabrio, kinematics. *World and Regional Geology*, 6: 346-352. Cambridge University Press.
- Montenat, Ch. y Ott D'Estevou, P. (1996) Late Neogene basins evolving in the Eastern Betic transcurrent fault zone: an illustrated review. In: Friend, P.F. y Dabrio, C.J. (eds.), *Tertiary Basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics*. *World and Regional Geology*, 6: 372-386. Cambridge University Press.
- Soria, J.M., Alfaro, P., Fernández, J. y Viseras, C. (2001) Quantitative subsidence-uplift analysis of the Bajo Segura Basin (eastern Betic Cordillera, Spain): tectonic control on the stratigraphic architecture. *Sedim. Geol.*, 140, 271-289.