Hidrogeología, 1990. 5: 23-32

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DE UN ACUIFERO MEDIANTE CURVAS DE ISOCONTENIDO CONSTRUIDAS POR ORDENADOR: APLICACION AL ACUIFERO DEL CUATERNARIO DE JAVEA

Ruíz Beviá Francisco
Gomis Yagües Vicente
Blasco Alemany Pilar

División de Ingeniería Química, Universidad de Alicante, Apartado 99, Alicante.

RESUMEN

El uso de programas de cálculo mediante ordenador en la construcción de curvas de isoconcentración presenta ciertas ventajas que posibilitan la ejecución con facilidad de estudios hidrogeoquímicos del acuífero eliminando la subjetividad inherente a su obtención manual y además visualizando pequeñas variaciones en determinadas zonas del terreno que de otro modo podrían ser obviadas. Así en su aplicación al estudio hidroquímico del acuífero de Jávea se han observado incrementos de salinidad en ciertas zonas permitiendo de este modo postular hipótesis sobre las conexiones del acuífero con los acuíferos limítrofes.

PALABRAS CLAVE: hidroquímica, isolíneas, intrusión, programa de ordenador.

ABSTRACT

The use of computer programs in the representation of isoconcentration curves presents several advantages. These advantages facilitate the achievement of hydrogeochemical studyes, supressing the inherent subjetivity to the manual obtention of the curves and moreover allowing us to examine small global variations in the concentration of the waters of determined areas of the aquifer, which otherwise could be obviated. In this way, in its application to the hydrogeochemical study of the Jávea aquifer, increasements of salinity in specifics areas have been observed, allowing us to formulate a hypotesis relative to the connections of Jávea's aquifer and of the bounding aquifers.

KEY WORDS: hydrochemistry, isoconcentration curves, intrusion, computer program.

INTRODUCCION

La representación gráfica mediante curvas de isocontenido es una de las más utilizadas actualmente en la visualización de los resultados obtenidos mediante análisis químicos de las aguas procedentes de un determinado acuífero.

La construcción manual de estas gráficas es laboriosa y compleja, debido fundamentalmente a las notables diferencias que pueden existir entre las concentraciones de las distintas especies químicas disueltas en las aguas de dos pozos próximos. Por otro lado, la persona que las construye puede caer en un cierto grado de subjetividad al verse influenciada por sus conocimientos de la geología del terreno donde se sitúa el acuífero. Para subsanar estos problemas existen programas de cálculo mediante ordenador que hacen que su obtención sea más sencilla eliminando por otro lado la subjetividad inherente a su construcción manual.

Así en este trabajo se han construido a partir de datos de análisis químicos efectuados, curvas de isocontenido para las concentraciones de los iones mayoritarios y para la conductividad del agua del acuífero del "Cuaternario de Jávea". Los diagramas obtenidos permiten obtener conclusiones sobre la procedencia de la intrusión del agua salina en el acuífero así como de la hidrogeología y conexiones del acuífero y de los acuíferos limítrofes.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO Y DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

El acuífero del "Cuaternario de Jávea" está situado al Norte de la provincia de Alicante y está comprendido entre los cabos San Antonio y San Martín, rodeado al Norte por el Montgó, al Sur por las estribaciones de las sierras de Benitachell y Castell de la Solana y al Este por el mar Mediterráneo. Tiene una longitud aproximada de 6 km y una anchura media de unos 2 km, siendo el área por tanto de 12 km^2. El río Gorgos lo cruza en dirección W - E (Figura 1).

La geología de los materiales del acuífero ha sido ampliamente descrita por Meseguer y Templado (1954), Ríos y col. (1961) y Vegas y col. (1975). El acuífero está formado basicamente por materiales cuaternarios muy permeables formados fundamentalmente por gravas, arenas y limos de origen fluvial. Los materiales del borde son terrenos terciarios del Mioceno formados por margas denominadas "Tap" con características de permeabilidad nulas excepto en la zona del Tossalet, en el Sur, que limita con terrenos calizos muy fisurados del cretácico superior.

Se tomó agua de 164 pozos de este acuífero, la mayor parte de ellos en la zona más próxima al mar. Su situación se muestra en la figura 1. Las tomas de muestras de agua tuvieron lugar en Septiembre de 1987 cuando el nivel piezométrico del acuífero era bajo y en Diciembre de 1987 cuando era alto como consecuencia de la recarga producida por las copiosas lluvias (400 l/m^2) caídas en Noviembre de 1987.

Para cada una de las muestras se determinaron las concentraciones de Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, Br^-, B, el pH y la conductividad siguiendo los métodos oficiales de análisis (BOE nº 207/29.8.1979 y BOE nº 17/20.1.1982) coincidentes en su mayor parte con los del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Así mismo se midieron los niveles piezométricos de las aguas de 21 de estos pozos, de los que previamente se había determinado su cota topográfica respecto al nivel del mar. Los resultados obtenidos fueron presentados por Blasco (1988).

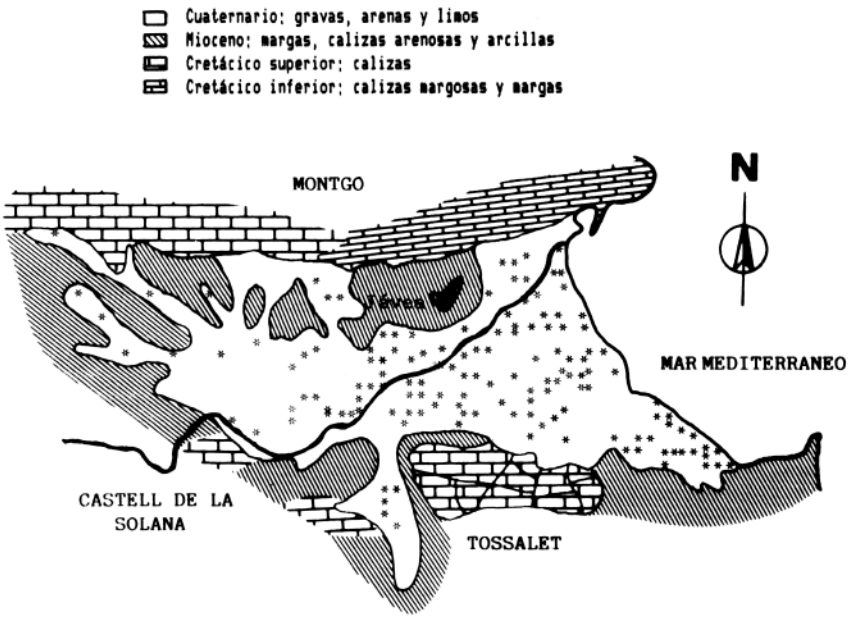


Figura 1 Acuífero del Cuaternario de Jávea y situación de los pozos estudiados.

REPRESENTACION MEDIANTE CURVAS DE ISOCONTENIDO DE LOS RESULTADOS ANALITICOS

Pulido Bosch (1976) y Alvarez y Martinez (1988) realizaron estudios hidroquímicos sobre este acuífero obteniendo el primero diagramas de isolíneas en 1974 y 1976 y los segundos en 1980, 1985 y 1987.

Estas gráficas fueron construidas a partir de un número de pozos analizados no muy grande y además es posible que los autores hubieran fijado su atención principalmente en el estudio de la intrusión de agua marina desde el mar, que debe dar lugar a isolíneas más o menos paralelas a la costa y haber dejado de lado algunas observaciones sobre importantes variaciones en las concentraciones en determinadas zonas del terreno.

En este trabajo se dispone de muchos análisis (164 muestras cada mes) con lo cual se incrementa el significado hidrogeológico de las curvas obtenidas con estos datos.

Sin embargo existe una mayor dificultad en su construcción manual debido a las importantes variaciones existentes entre

las concentraciones de iones de algunos pozos próximos entre sí. Por ello se ha utilizado un programa de cálculo que mediante ordenador dibuja estas gráficas eliminando asímismo la posible subjetividad en su construcción. El paquete de programas utilizado ha sido el GOLDEN (Golden Software, 1985): una vez dados los valores de las coordenadas de los pozos y la concentración del ión a representar en cada uno de ellos, el programa calcula mediante "Kriging" (Ripley, 1981) la concentración en todos los puntos de una tupida red que cubre todo el terreno. A continuación determina la posición de las líneas de isocontenidos mediante unión de los puntos de igual concentración.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las figuras 2 y 3 se presentan las isolíneas obtenidas para las concentraciones del ión Cl^- para los muestreos efectuados en Septiembre y Diciembre de 1987 así como las curvas de isopiezas obtenidas en la zona próxima al mar.

Se ha de señalar que los diagramas obtenidos para los iones Br^-, Na^+, Mg^{2+} ,B y conductividad son bastante similares a los obtenidos para el Cl^- y en base a ellos se pueden hacer varias observaciones.

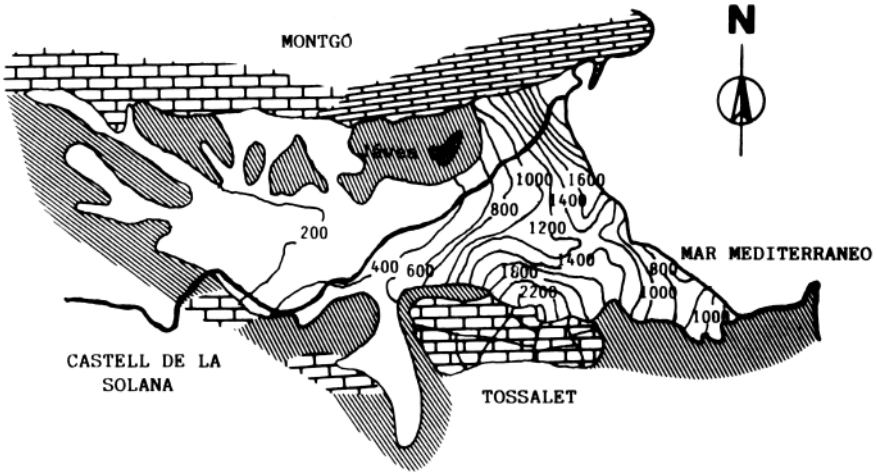
La primera es que las curvas obtenidas presentan una tendencia general a ser paralelas a la costa, como consecuencia de la intrusión marina que está afectando a la zona y que eleva grandemente las concentraciones de algunos iones. Sin embargo y debido fundamentalmente al elevado número de pozos estudiados y a la objetividad inherente a su construcción mediante ordenador las curvas obtenidas son mucho menos suaves que las obtenidas por Pulido Bosch (1976) y Alvarez y Martinez (1988) presentando cambios bruscos de dirección especialmente en la zona central costera y en la zona próxima al Tossalet.

Por comparación de las curvas de un determinado ión obtenidas en Septiembre y en Diciembre de 1987 se puede observar que la recarga tras las lluvias sólo hace que la zona de mezcla agua dulce - agua salada retroceda algunos pocos de cientos de metros hacia la costa. Nótese, por ejemplo, el desplazamiento hacia el mar de la curva de isocontenido de ión Cl^- de concentración 800 mg/l cuando se comparan las figuras 2a y 2b.

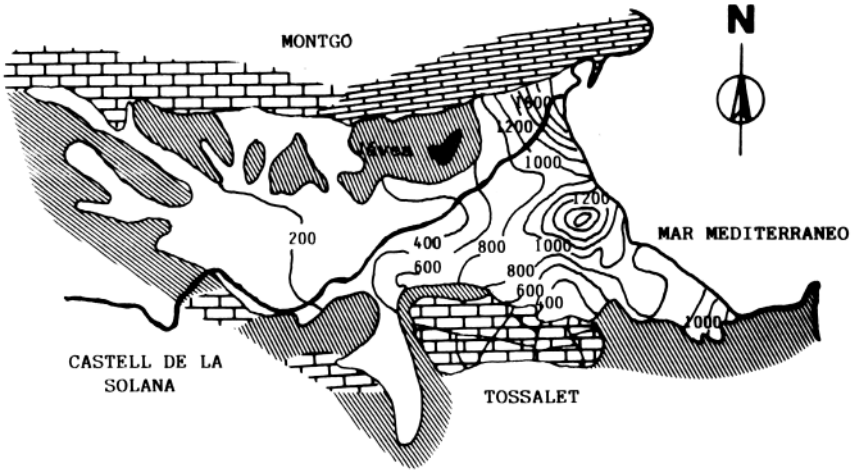
La perturbación del paralelismo en la zona central costera con formación de líneas más o menos circulares se debe a la fuerte explotación en muchos pozos de esta zona que está produciendo fuertes descensos en los niveles piezométricos (figura 3) y consecuentemente existe una lengua de mezcla agua dulce - agua salada que penetra en el acuífero en una mayor proporción a lo que lo hace en otras zonas de la costa.

En cuanto al incremento en concentración en la zona del Tossalet, Pulido Bosch (1979) cita dos hipótesis que podrían justificar la salinidad de las aguas del Tossalet:

- La primera de ellas consiste en la disolución de sales por las aguas en su recorrido en profundidad a su paso hasta el Tossalet desde la Sierra de Castellar situada al Oeste y con quien parece estar interconectado.
- Una segunda hipótesis es que la salinidad de las aguas del Tossalet se debe a la intrusión marina a través del acuífero del Cuaternario de Jávea que está salinizando también las aguas del Tossalet.

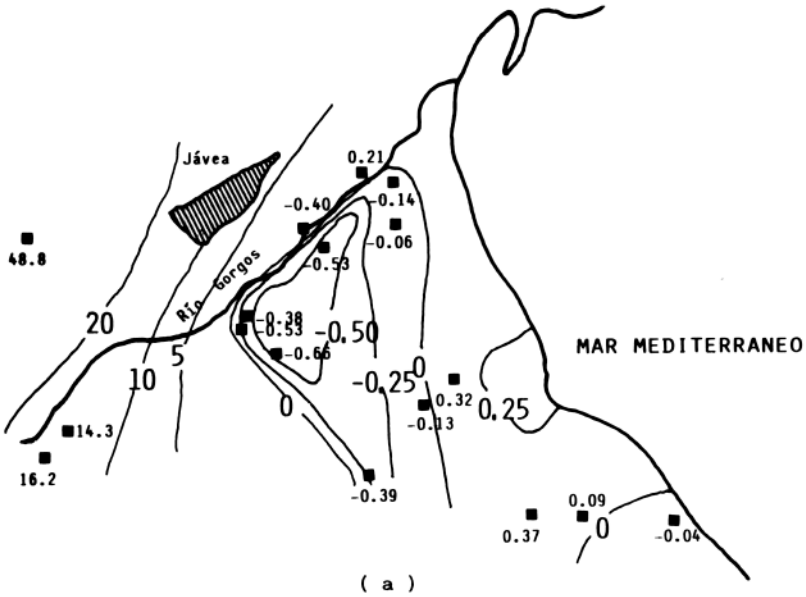


(a)

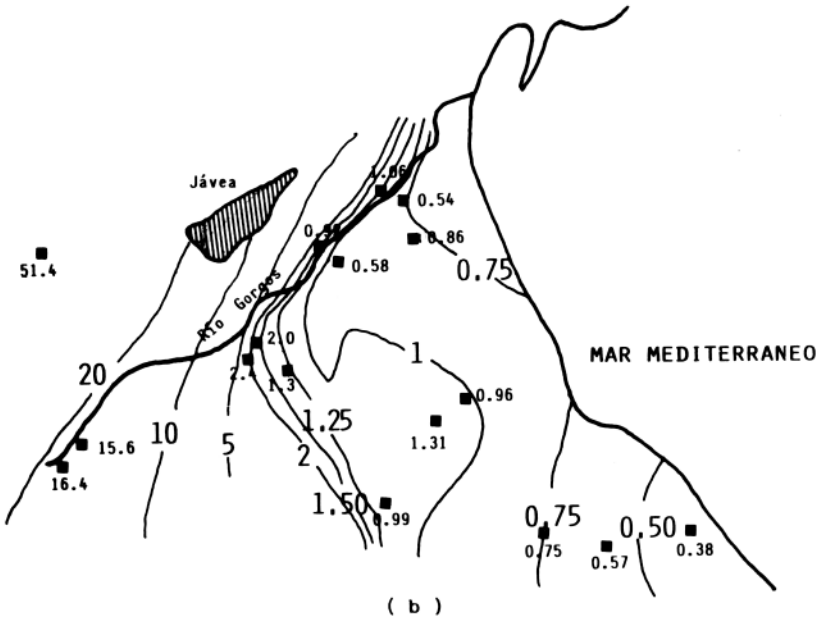


(b)

Figura 2. Curvas de isoconcentración en Cl^- (mg/l) en el acuífero del Cuaternario de Jávea.
a) Septiembre de 1987
b) Diciembre de 1987



(a)



(b)

Figura 3. Mapas de isopiezas del acuífero del Cuaternario de Jávea.

a) Septiembre de 1987
b) Diciembre de 1987

Sin embargo, a la vista de las isolíneas obtenidas, esta última hipótesis no parece estar justificada. En la figura 4 se muestra un detalle en la zona del Tossalet de las curvas de isocontenido en Cl^-, Br^-, Na^+ y conductividad obtenidas para el mes de Septiembre. En ellas puede observarse que las líneas de isocontenido crecen a medida que se aproximan al Tossalet. Si las aguas del Tossalet estuviesen salinizadas por las del Cuaternario de Jávea, lógicamente las líneas de isoconcentración de estos iones estarían colocadas en sentido inverso, es decir que cuanto más alejados de la costa menor sería la concentración en sales. Sin embargo los resultados obtenidos muestran que cuanto más cerca del Tossalet mayor concentración de sales, indicando que el agua salina de esta zona proviene más bien desde el Tossalet hacia el acuífero de Jávea que no en sentido contrario como en la hipótesis postulada por Pulido Bosch.

Otra posible hipótesis que podría postularse es que el acuífero del Tossalet estuviera conectado con el acuífero situado en la zona costera del cabo de La Nao. Si ésta interconexión fuese cierta la disminución de niveles de agua en el Cuaternario de Jávea en determinadas épocas del año conduciría a una intrusión marina desde el acuífero costero al Tossalet a través de las calizas muy fisuradas que forman ambos acuíferos y desde ellos al acuífero del Cuaternario de Jávea.

Además, en la figura 5 en la que se representa las curvas anteriores en la zona del Tossalet en el mes de Diciembre de 1987 se observa que la elevación de las concentraciones de sales se ve muy disminuida trás periodos de recarga por lluvias.

Comparando las dos últimas figuras mencionadas se observa un cambio en el sentido de crecimiento de las isolíneas indicando que las lluvias caidas hacen recuperar los niveles de agua tanto en el acuífero de Jávea como en el del Tossalet (Figura 3) produciéndose dilución de la sal e incluso un cambio en el sentido del movimiento de las aguas que ahora circularían desde el Cuaternario de Jávea al del Tossalet y de ahí hacia el mar a través de las fisuradas calizas que forman el acuífero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Consellería de Cultura, Educació i Ciencia de la Generalitat Valenciana y a la Excma. Diputación Provincial de Alicante la colaboración prestada para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ A., MARTINEZ C. (1988). "Evolución y estado actual de la intrusión en el acuífero detrítico de la plana de Jávea". TIAC' 88. Tecnología de la intrusión en acuíferos costeros". 199-210.

BLASCO P. (1988). "Estudio hidroquímico del acuífero del Cuaternario de Jávea (Alicante)". Tesis Doctoral. Microforma, Universidad de Alicante, ISBN: 84-86809-41-X.

B.O.E. nº 207/29.8.1979

B.O.E nº 17/20.1.1982

MESEGUER J., TEMPLADO D. (1954). "Explicación de la hoja nº 23, Jávea (Alicante)". I.G.M.E., 56 p. Madrid.

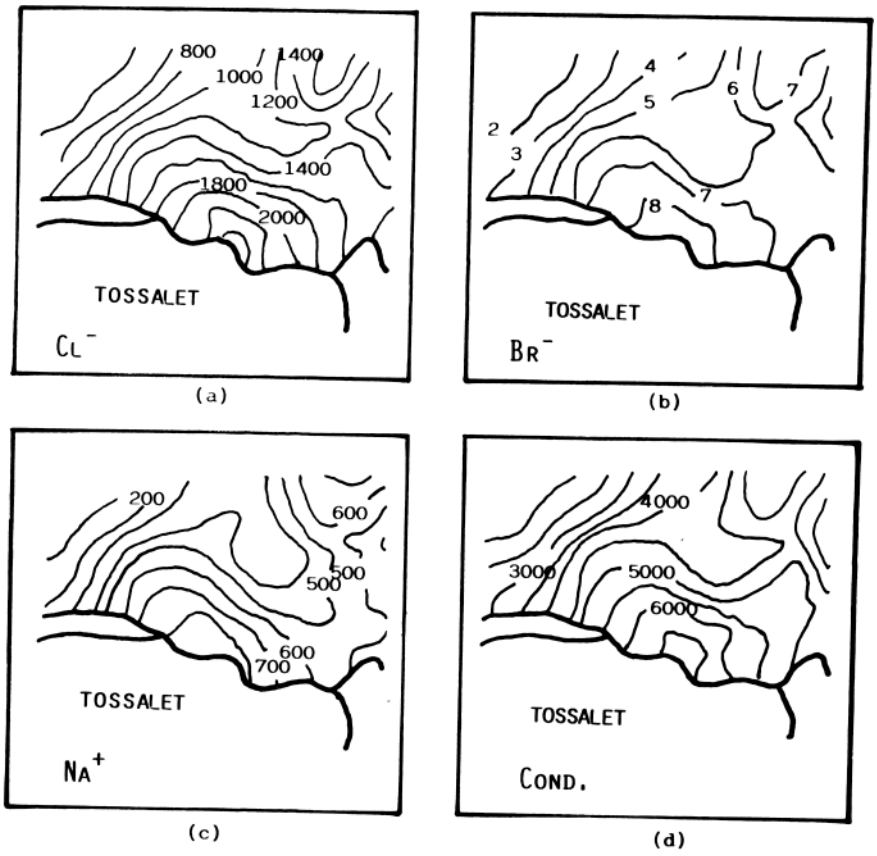


Figura 4. Isovalores, correspondientes a Septiembre de 1987, de la zona del Cuaternario de Jávea contigua al Tossalet para los parámetros a) Cl^-, b) Br^-, c) Na^+ y d) Conductividad.

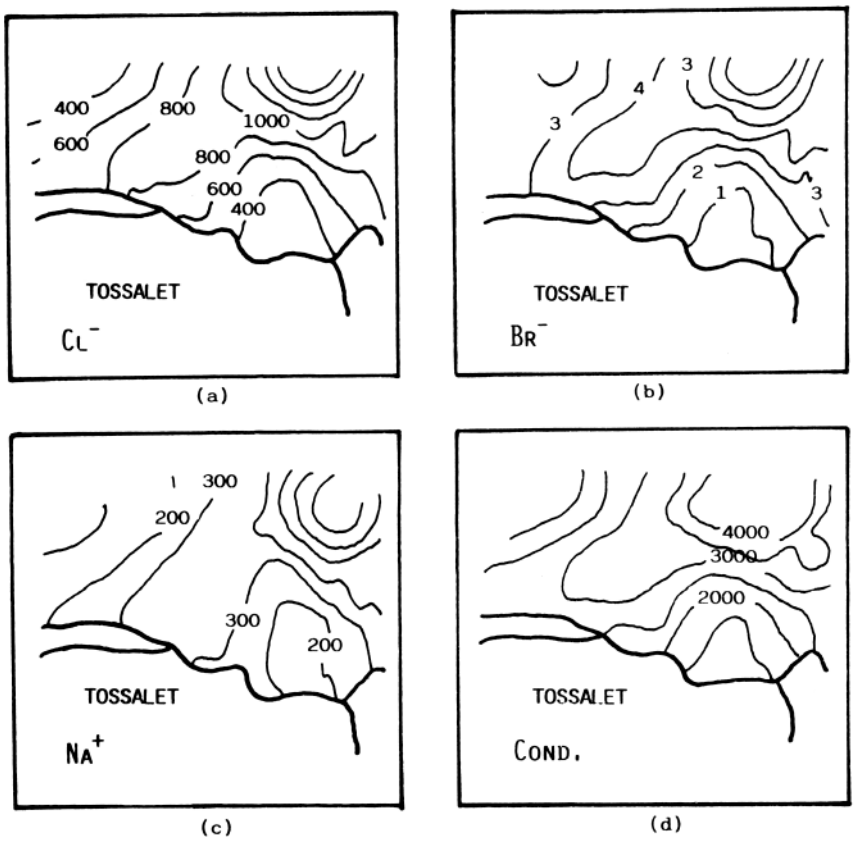


Figura 5. Isolíneas, correspondientes a Diciembre de 1987, de la zona del Cuaternario de Jávea contigua al Tossalet para los parámetros a) Cl^-, b) Br^-, c) Na^+ y d) Conductividad.

PULIDO BOSCH A., (1976). "Salinización y recarga artificial en el acuífero de Jávea (Alicante)" Simposio Nacional de Hidrogeología. Valencia. Tomo II, pp. 772-787. Editado por la A.G.E. Y G.T.H.
PULIDO BOSCH A., (1979). "Contribución al conocimiento de la hidrogeología del Prebético Nororiental. (Provincias de Valencia y Alicante)". Servicio de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
RIOS J.M., NAVARRO A., TRIGUEROS E., VILLALON C. (1961). "Explicación de la hoja nº 822, Benisa (Alicante)". I.G.M.E., 106 p., Madrid.
RIPLEY B.D., (1981). "Spatial Statistics-Applied Probability and Statistics Section". Brian D. Ripley, Univ. of London. 252 pp.
VEGAS R., PEDRAZA J., CABANAS I., URALDE M.A. (1975). "Memoria explicativa de la hoja de Jávea (31-32)". I.G.M.E. Madrid.
"Standard Methods for the examination of water and wastewater". (1985). 16 Ed., APHA, AWWA WPCE.

Recibido: Junio 1989
Revisado: Octubre 1989
Aceptado: Noviembre 1989