

incrustantes y envolventes, de carácter «stenohalinos» (baja tolerancia y variaciones de salinidad), que poseen gran capacidad de bioconstrucción. La escasa profundidad y fuerte remoción por corrientes asociadas con oleaje, favorecieron el crecimiento de bancos compuestos por estructuras oolíticas. En síntesis, el evento II se caracteriza por cuerpos biogénicos, que a posteriori fueron cubiertos por sistemas migratorios de barras detríticas (oolíticas); como resultado, la rampa tendió progresivamente a modificar su geometría, pasando a conformar un *margen de plataforma*.

Hacia Mallin del Rubio, el evento II está caracterizado por la litofacies

5, integrada por mud-mounds (fig. 1), los cuales denotan un doble mecanismo de depositación: bioconstrucción (por algas) y acumulación hidrodinámica.

Por último, el evento III involucra a las litofacies 6 y 7 de la Formación Auquilco, ambas desarrolladas en Mallin de la Cueva (fig. 1). Resulta muy evidente, que a medida que decrecen en espesor hacia el norte las calizas, aumentan en potencia las evaporitas.

Los abultamientos inmersos dentro de la masa yesosa, han sido depositados en forma conjunta con la misma. Representan oscilaciones del nivel del mar, que estuvieron acompañadas por variaciones de salinidad (hipersalino

a normal, y viceversa); así, ascensos relativos del nivel del mar, favorecen la formación de abultamientos calcáreos y dilución de las salmueras, mientras que descensos del mismo llevan a un aumento de salinidad, precipitación de evaporitas, e inhibición de los abultamientos, con formación de estructuras diagenéticas y abundantes rasgos de exposición subaérea.

#### Referencias

Matheos, S. (1988): Tesis Doctoral. Fac. Ciencias Nat. Univ. Nac. La Plata, 323 pág.

Recibido el 30 de agosto de 1989  
Aceptado el 10 de octubre de 1989

## Descripción y resultados preliminares de una red de observación para el control de un regadío con vinazas sobre el acuífero de la llanura manchega

S. Martínez Pérez\*, A. Sastre Merlín\*, B. López-Camacho\*\* y M. Varela\*\*

\* Universidad de Alcalá de Henares. Ctra. Nal. Barcelona, km. 33,600. Alcalá de Henares, 28080.

\*\* Servicio Geológico de Obras Públicas (Avenida de Portugal).

#### ABSTRACT

*It's describe an installation to observe the water quality of the unasturated zone, located in a watering ground by means of vinazas under previous treatment and diluted in various level. Starting from the efectuated sampling throughout the campaign irrigation of the present year, 1989, there isn't reliable signes of contamination of infiltration water at the moment.*

**Key words:** *Water quality, contamination, vinazas.*

*Geogaceta*, 7 (1990), 101-105.

#### Introducción

Se presenta una instalación para el estudio de la calidad del agua en la zona no saturada emplazada en una finca de regadío con vinazas previamente tratadas y diluidas en grado variable en la Región Manchega. La fabricación de alcohol conduce a la formación de un líquido residual contaminante denominado genéricamente «vinazas», cuyas principales características son su notable carácter ácido y fuertemente reductor, además de un elevado contenido de materia orgánica y alta concentración de potasio.

Dado que el vertido de vinazas ha venido planteando serios problemas, se ha entrevisto la posibilidad de utilizarlas para riego, atendiendo al be-

neficio añadido que puede suponer su elevado contenido en materia orgánica, frente a la pobreza en la misma que presentan los suelos agrícolas de la región. No obstante, aquella característica puede seguir constituyendo un serio riesgo de degradación de las aguas subterráneas y de los acuíferos, por lo que la legislación vigente sólo autoriza una iniciativa como ésta en el supuesto que se demuestre la preservación del denominado Dominio Público Hidráulico.

Habiendo solicitado una importante firma productora de alcohol la pertinente autorización para regar con vinazas una finca de 169 ha. sita en Daimiel, se ha instalado una red de seguimiento con el fin de prevenir problemas de contaminación del acuí-

fero y de las aguas subterráneas infra-yacentes, cuya descripción y resultados preliminares constituyen el objetivo de este trabajo.

#### Encuadre hidrogeológico

La finca está situada sobre el acuífero de la Llanura Manchega (Sistema Acuífero nº 23) y en particular sobre la Unidad Hidrogeológica Superior, una formación de carácter carbonatado continental de edad neógena con un notable grado de carstificación, lo que es causa de una notable permeabilidad y transmisividad; por ello, los pozos ubicados en el mismo, aun cuando su técnica de construcción no haya sido muy cuidadosa, extraen caudales no-

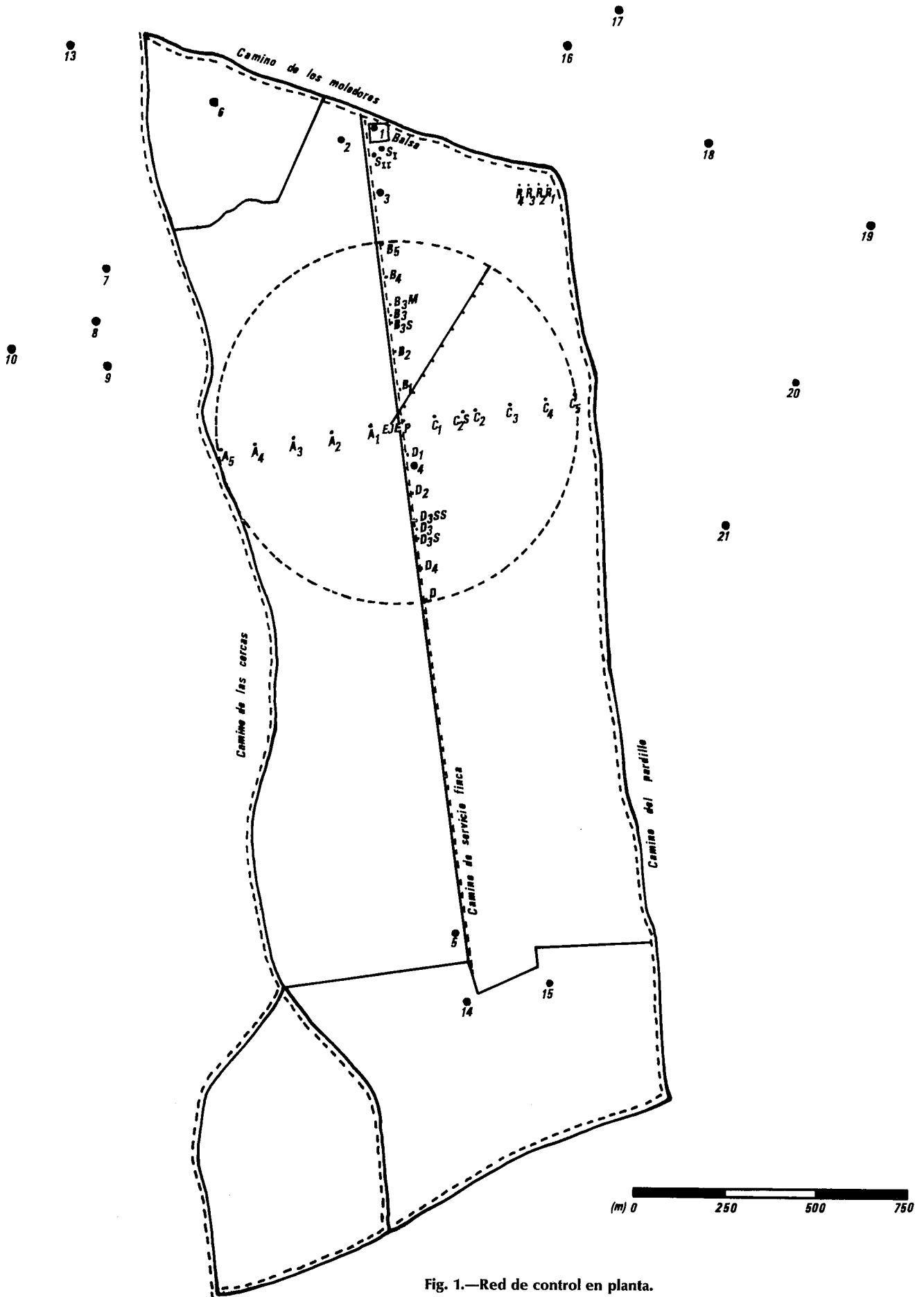


Fig. 1.—Red de control en planta.

tables de agua subterránea, lo que ha provocado un generalizado y acusado proceso de sobreexplotación del citado acuífero.

El substrato de la finca en cuestión, de topografía notablemente llana, lo conforman las calizas, margas y calizas margosas pliocenas con las que finaliza la serie neógena en la Llanura Manchega. Estas formaciones están tapizadas por un lábil suelo pardo-calizo de unos 40 cm de profundidad. El nivel del agua en los pozos se sitúa en la actualidad a una profundidad comprendida entre los 27 y los 45 metros.

### Descripción de la instalación de control

Las vinazas son sometidas en fábrica a un tratamiento físico-químico, consistente en un enfriamiento, neutralización y decantación, tras el cual son conducidas a la finca mediante tubería subterránea, en la cual se acumulan en una balsa de regulación conectada con un pivó para riego por aspersión de 510 m de radio, que las distribuye de forma homogénea en una superficie de 82 ha (fig. 1).

La finca se ha dividido a efectos agrícolas en dos mitades, en una de las cuales se ha sembrado cebada y en la otra maíz. Desde febrero de 1989 hasta la fecha se han aplicado a las citadas 82 ha un volumen aproximado de vinazas de 80.000 m<sup>3</sup> y 170.000 m<sup>3</sup> de agua limpia.

Para seguir la evolución de posibles lixiviados derivados del riego con vinazas, se ha establecido en la finca una red de control que consta de lo siguiente:

— Treinta tomamuestras de succión para muestreo de agua en la zona no saturada, emplazados a profundidades comprendidas entre 1 y 14,5 m, adoptando una configuración en forma de cruz cuyo eje coincide con el del pivó, situándose el resto de forma que cubren completamente el radio de acción del mismo. Cuatro de estos tomamuestras se han instalado lejos del ámbito de influencia del pivó, a fin de comparar en todo momento muestras de agua de infiltración de las zonas afectada y no afectada por el riego (fig. 1). En algunos puntos se han instalado varios tomamuestras a distintas profundidades, con el fin de observar la evolución de los lixiviados en una misma vertical (fig. 2).

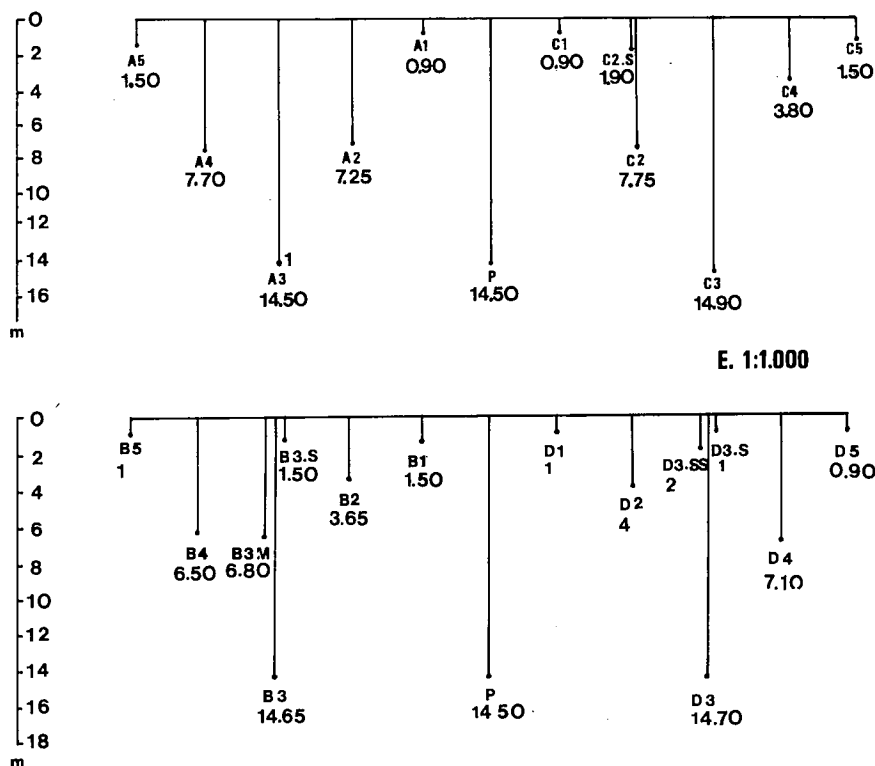


Fig. 2.—Emplazamiento en profundidad de tomamuestras.

— Dos tomamuestras para el control del quimismo y volumen de la vinaza en superficie —denominados vinazómetros—, situados en los puntos centrales de dos brazos de la cruz.

— Un pluviómetro homologado de 200 cm<sup>2</sup> de superficie receptora para el control de la precipitación caída en la finca y que desde febrero de 1989 hasta la fecha ha recogido 208 mm.

Se han inventariado además 22 puntos de agua (pozos y sondeos que explotan el acuífero terciario) en los que se ha efectuado la correspondiente medida de niveles piezométricos, que se sitúa en la zona entre 27 y 45 m de profundidad.

### Discusión de resultados

En seis de los pozos inventariados se han recogido muestras de agua, cuyo análisis revela una gran homogeneidad desde el punto de vista químico. Son aguas bicarbonatadas cálcicas en las que lo más destacado es el elevado contenido en nitratos (entre 50 y 130 mg/l), debido probablemente a las prácticas agrícolas desarrolladas en la región.

En cuanto al muestreo en la zona

no saturada, inmediatamente antes de iniciar el riego con vinazas se efectuó una campaña en la totalidad de los tomamuestras, cuyos resultados analíticos sirven como referencia para la comparación con los obtenidos con posterioridad. Tras iniciarse el riego se han realizado hasta la fecha dos campañas de muestreo en los mismos, y otras dos en los vinazómetros instalados en superficie. Las muestras se han sometido a un análisis fisicoquímico con determinación de parámetros generales (temperatura, pH y conductividad «in situ» y en laboratorio, además de hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y nitratos), otros indicadores de contaminación orgánica (Carbono Orgánico Disuelto (COD) e Índice Ultravioleta (IUV)) y determinación de potasio por ser las vinazas ricas en este elemento.

Atendiendo a los resultados analíticos obtenidos para este período de tiempo, se aprecian pocos cambios en las características del agua una vez iniciado el riego. Tampoco se observan diferencias significativas en las muestras recogidas en las zonas de cebada y maíz, aun cuando los volúmenes de riego han sido muy distintos.

No obstante, cabe comentar diferencias en cuanto a parámetros tales como la conductividad y sulfatos en el agua recogida en los tomamuestras más superficiales.

En la conductividad, se puede observar que, independientemente de la campaña de muestreo, los valores de las muestras más superficiales son mayores, disminuyendo los mismos al aumentar la profundidad hasta aproximadamente 4 m, a partir de la cual se mantienen prácticamente constantes, salvo raras excepciones. Se aprecia también una tendencia al aumento tras iniciarse el riego en la mayoría de las muestras recogidas a 1 m de profundidad, tendencia que se mantiene hasta los 2 m, aunque en menor magnitud. A partir de los 2 m no existen diferencias apreciables (fig. 3).

En lo que a los sulfatos se refiere, se observa la misma gradación en los valores que para la conductividad, siendo mayor la concentración en las muestras más superficiales para todas las campañas de muestreo y disminuyendo al avanzar en profundidad hasta aproximadamente 4

m, desde la que ya los valores se mantienen prácticamente constantes. Asimismo, y tras iniciarse el riego, se aprecia un notable aumento en la concentración de sulfatos en muestras recogidas a 1 m de profundidad, desapareciendo esta tendencia en la última campaña de muestreo. Por otro lado, a 2 m, el incremento se produce en las muestras pertenecientes a la última campaña, no apareciendo en el resto de las muestras diferencias significativas, salvo casos excepcionales. Estos resultados parecen atender a que entre la campaña de referencia y la primera se emplearon vinazas poco diluidas, mientras que antes de la última se regó con vinazas muy diluidas y en muchos casos sólo con agua. Debido a la velocidad de percolación, el aumento que se experimenta en la concentración de sulfatos al principio, se refleja entre 1 y 2 m en la última campaña (fig. 3). No obstante, esta conclusión debe verificarse en campañas posteriores.

En el resto de los parámetros generales, no se aprecian cambios importantes tras el riego.

En cuanto a parámetros específicos, cabe destacar los bajos valores obtenidos para el COD en todas las campañas, no observándose diferencias tras el riego. Estos valores son ratificados por los obtenidos para el potasio y el índice ultravioleta, también muy bajos.

Estos resultados nos hacen pensar que hasta la fecha, el riego con vinazas no debe descartarse como alternativa al problema que plantea su vertido. No obstante, antes de dar conclusiones definitivas y dado que el proyecto de estudio tiene una duración de tres años, habrá que observar las consecuencias que se derivan cuando el riego se prolongue en el tiempo.

**Referencias**

Albert Beltrán, J. F.; Ocaña Robles, L. (1987): Jornadas sobre Instrumentación y Técnicas de Medición y Muestreo para el Control Piezométrico y de la Contaminación de las Aguas Subterráneas. Barcelona.

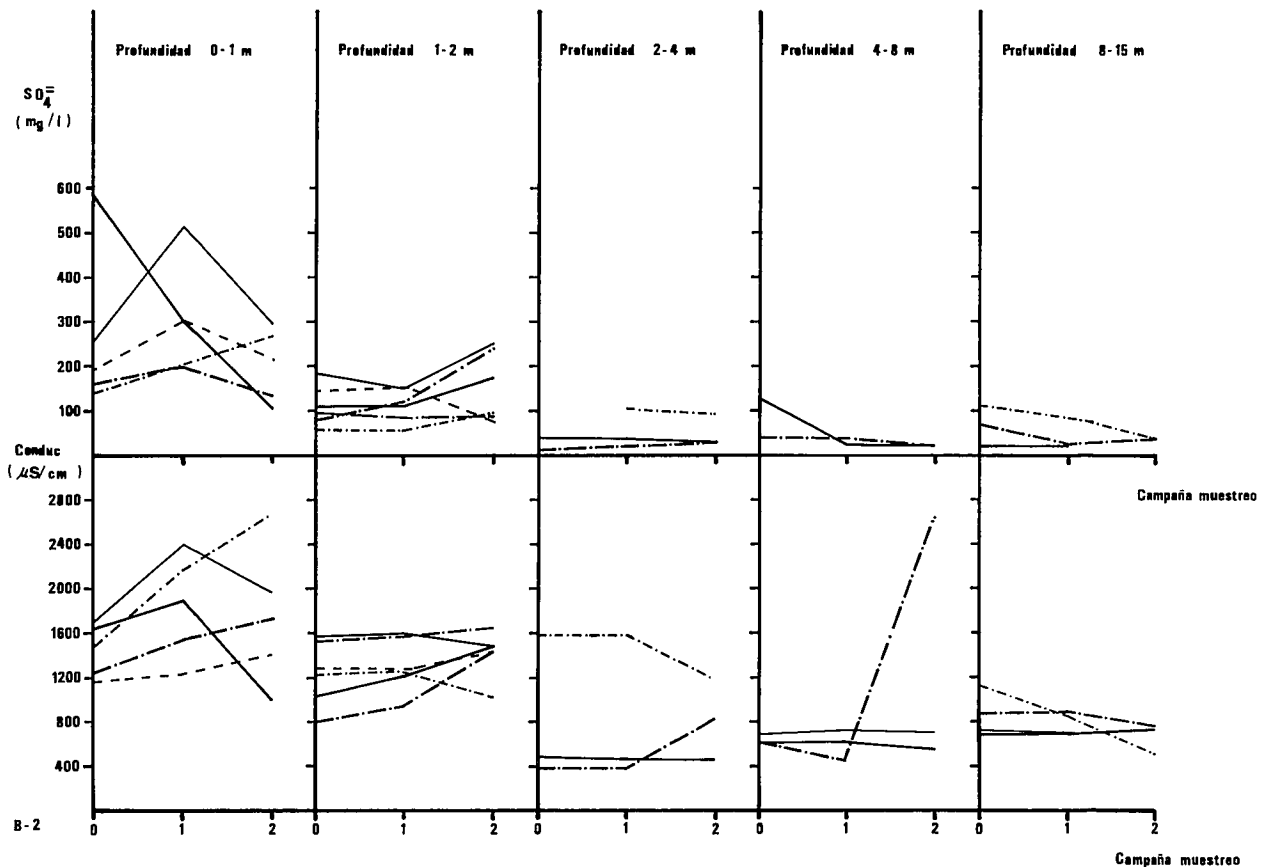


Fig. 3.—Variación de la conductividad y concentración de sulfatos.

Nelson, A. B. (1985): *Ground Water*, 23, 6, 802-803.  
Runnells, D. D. (1976): *Ground Water*, 14, 6, 374-385.

Sastre Merlín, A. (1989): Jornadas sobre Medio Ambiente e Industria de Ciudad Real. Ciudad Real.  
Varela, M. (1987): Jornadas sobre Ins-

trumentación y Técnicas de Medición y Muestreo para el Control Piezométrico y de la Contaminación de las Aguas Subterráneas. Barcelona.