Contaminación por nitratos en zona no saturada del sector occidental del acuífero Ayamonte-Huelva
Investigación en Zona No Saturada, pp: 67 - 76
Ed. I. Morell, 1994

CONTAMINACION POR NITRATOS EN ZONA NO SATURADA DEL SECTOR OCCIDENTAL DEL ACUIFERO AYAMONTE-HUELVA

José Antonio GRANDE[1], Arsenio GONZALEZ[1] y Emilio J. SANCHIS[2]

[1] *Grupo de Hidrogeología y Medio Ambiente. Escuela Politécnica Superior. Campus de La Rábida. 21819 Palos de la Frontera (Huelva)*
[2] *EGEVASA. Valencia*

RESUMEN

Este trabajo recoge los resultados de las experiencias realizadas en zona no saturada (ZNS) del Sistema Ayamonte-Huelva, que han sido utilizadas como contraste de hipótesis de contribución de diferentes fuentes potenciales de contaminación, para tratar de modelizar la evolución espacio-temporal de contaminantes nitrogenados en zona saturada.

Se concluye la existencia de un fenómeno combinado de capilaridad-efecto pistón-asimilación de nitratos por las raíces, que se traduce en una respuesta diferencial en la tasa de concentraciones en la vertical en el tramo superior de la ZNS.

ABSTRACT

This work shows the results of the experiments carried out in the unsaturated zone (UZ) of the Ayamonte-Huelva aquifer system, which has been used in contrast with other contributions of hypothesis of different potential origins of contamination, for modelling the evolution of nitrogen pollution in the satured zone.

It concludes the existance of a combined process of capilarity-piston effect-assimilation of nitrates in the roots of the trees, which creates a different response in the valuation of the percentage of pollution in the superior level of the UZ.

JUSTIFICACION

La falta de una adecuada planificación en el desarrollo de cultivos intensivos con riego procedente de aguas subterráneas conduce, en el sector, a una doble problemática que se traduce en la sobreexplotación localizada del acuífero y/o en ascensos de las concentraciones de nitratos, polarizados en torno a ciertos tipos de cultivo (máximos en fresas y mínimos en cítricos; Grande, et al., 1993).

Aunque a nivel nacional caben destacar los trabajos de Ramos y Varela(1991) en Valencia, Sanchis (1992) en Xeresa, Coleto y Gómez (1992) en Doñana, Fernández Uría, et al (1991) en modelización de mecanismos de transporte, Virgóa y Varela (1991) en La Mancha, Morell y Hernández en el Levante peninsular, y Guimerá (1993) en el Maresme catalán, en el Sistema Ayamonte-Huelva la investigación hidrogeológica en ZNS es un campo relativamente reciente, constituyendo, por consiguiente, las experiencias que

aquí describimos un primer intento de aproximación al conocimiento de la misma, y que forman parte de un trabajo de investigación más amplio (Grande, 1993).

OBJETIVOS

El objetivo central de este trabajo es el establecimiento de las posibles relaciones de dependencia espacio-temporales entre cantidades de nitratos aportadas en superficie y concentraciones de esta sal a diferentes profundidades en ZNS.

Hay que hacer notar que en este sector la superficie piezométrica se encuentra a más de 30 m de profundidad, por lo que con los medios disponibles no se ha podido muestrear en toda su extensión. Hemos, pues, delimitado la zona de muestreo hasta las proximidades del límite radicular, entendiendo que es por encima de él donde tienen lugar la mayor parte de los fenómenos de intercambio entre el complejo suelo y las plantas, y que por consiguiente el excedente de nitrógeno pasará por infiltración profunda a zona saturada.

EXPERIENCIAS REALIZADAS

Para el muestreo en ZNS se diseñó una parcela experimental eligiendo como punto de ubicación una explotación agrícola representativa, que constituye un claro exponente de lo que podríamos llamar instalación modelo para el cultivo de cítricos, no sólo por la extensión de la misma, sino por la disponibilidad de medios humanos y materiales para un mejor aprovechamiento de recursos.

Por otra parte, y para evitar posibles interferencias entre cultivos próximos, se ha elegido un emplazamiento lejano a cualquier linde, estando, pues, rodeada de la misma variedad de cítricos (naranja navelate), y con idéntico régimen de explotación, en un perímetro no inferior a 600 m.

La parcela se instala en Enero de 1992 en la finca "DITTMEYER AGRICOLA Y CIA", en la que se cultivan diferentes variedades de cítricos a lo largo de casi 900 ha (figura 1).

A fin de tomar muestras a distintas profundidades se instalaron cuatro cápsulas de succión de cerámica a profundidades de 0.5, 0.7, 0.9 y 1.2 m, orientadas a favor de la dirección de los goteros de riego, evitando con ello periodos secos. La disposición de las cápsulas es la que refleja la figura 2.

El funcionamiento de los tomamuestras es similar al de los tensiómetros, y se fundamenta en que los poros de las cápsulas, al ser instaladas en el suelo, forman una continuación de los poros del terreno original, con lo que el agua intersticial del entorno está sometida a la misma presión que la de los poros de la cápsula. Si se provoca el vacío en el tomamuestras se origina un gradiente de presión que da lugar a un flujo de agua hacia el interior del tubo

(Candela, 1991). Igualadas las presiones interior y exterior, el agua queda alojada en el fondo del tomamuestras y posteriormente es extraída por succión.

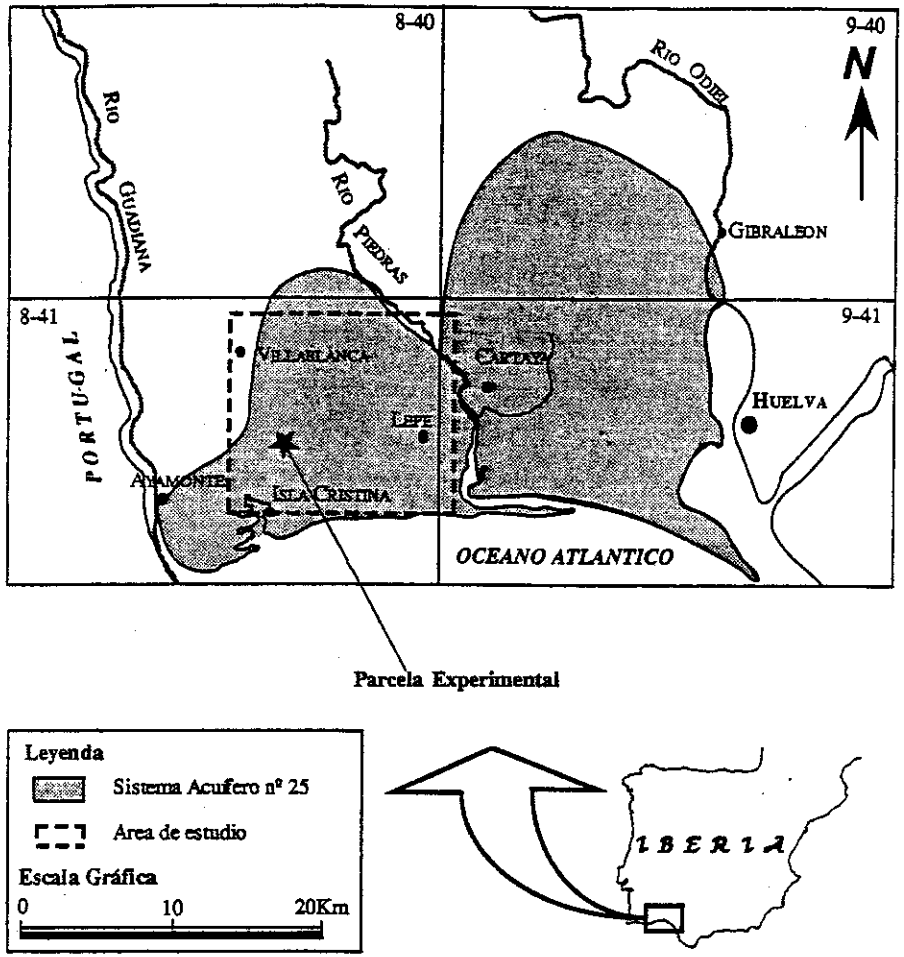

Figura 1. *Localización geográfica de la parcela experimental*

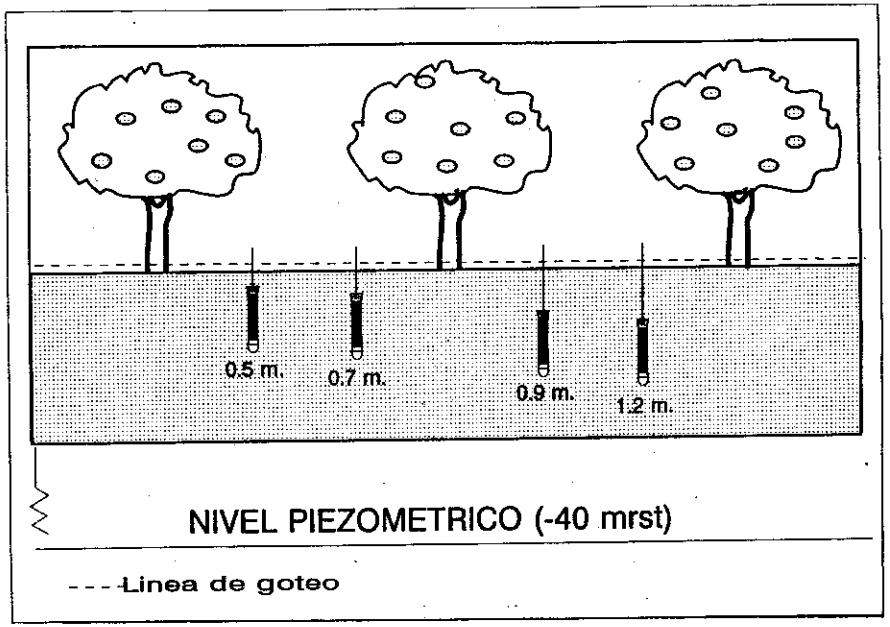

Figura 2. *Disposición de las cápsulas en el terreno*

El muestreo se aplicó semanalmente desde el 10/7/92 hasta el 27/10/92, obteniéndose un total de 60 muestras (del orden de 0.2 litros cada una). Durante los mismos días se tomaron muestras de un pozo inmediato a la parcela con el fin de conocer en ese punto la concentración de nitratos en zona saturada. Al mismo tiempo, se anotaron los caudales de riego aplicados por goteo sobre los hidrocaptores, en los que la concentración de nutrientes es constante a lo largo del año, por lo que los aportes quedan establecidos según el volumen de riego.

Se determinaron de cada muestra las concentraciones de nitrato, nitrito y amoníaco, por los métodos espectrométrico ultravioleta selectivo, colorimétrico y de Nesslerización (APHA-AWWA-WPCF, 1992), procurando efectuar la analítica el mismo día de muestreo para evitar posibles alteraciones.

DISCUSION DE RESULTADOS

Los datos procedentes de la analítica fueron sometidos a tratamiento gráfico-estadístico una vez ordenados en series para cada una de las cápsulas consideradas (cuadro 1).

NUMERO MUESTRA	SERIE 1 p=1.2 m	SERIE 2 p=0.7 m	SERIE 3 p=0.9 m	SERIE 4 p=0.4 m	APORTES l/ser/día
1	52.0	115.0			90
2	51.0	112.0	171.0	109.0	90
3	50.0	114.0	170.0	136.5	96
4	93.4	115.0	158.0		90
5	123.0	166.7	161.5		90
6	86.0	89.0	241.0	117.7	90
7	64.0	128.0	143.5	137.5	72
8	69.0	139.0	174.0	147.0	72
9		64.0	132.5	39.5	90
10		18.0	158.0	21.0	90
11		38.0	108.0	41.6	80
12		128.0	129.0	128.0	54
13		192.0	135.0	178.0	72
14		127.0	118.0	117.0	36
15		51.0	99.0	58.0	38

Tabla 1. *Caudales de riego aportados y concentración de nitratos (mg/l) a diferentes profundidades. p (profundidad muestreo), frecuencia semanal, periodo 10/7/92 a 27/10/92.*

La evolución semanal del contenido en nitratos de cada cápsula y de los aportes para el período estudiado se muestra en la figura 3, a excepción de la serie 1 que presenta ausencia de datos a partir de la novena semana de muestreo por cegado de la cápsula.

La variación del contenido en nitratos para la cápsula 3 (serie 3, a 0.9 m de profundidad), de la figura 3, muestra una clara tendencia decreciente desde el 10 de Julio (semana 6) hasta el 27 de Octubre (semana 15). Dicha tendencia, aunque decreciente, presenta variaciones no cíclicas que trataremos de correlacionar con los aportes de agua y fertilizantes.

Para una mejor observación del grado de acoplamiento entre las series de aportes (goteo más dos días de lluvia) y de concentraciones a diferentes profundidades, procedemos al redondeado polinómico de las curvas de evolución temporal (figura 4). El resultado es ahora más evidente, y se observa un buen ajuste entre la curva de evolución temporal de aportes con la de concentración en la cápsula más profunda (serie 3). Por otra parte, las cápsulas más superficiales muestran una tónica claramente distinta a la anterior (sin relación aparente con los aportes), presentando al mismo tiempo una cierta similitud geométrica entre ellas.

Para la interpretación del fenómeno hemos de considerar el hecho de que las cápsulas más superficiales succionan en zona radicular, mientras que la más profunda se ubica en el límite inferior de la misma, donde la asimilación de nitratos por las plantas deja de ejercer influencia sobre el balance de nitrógeno, y el excedente en este sector constituye la infiltración profunda.

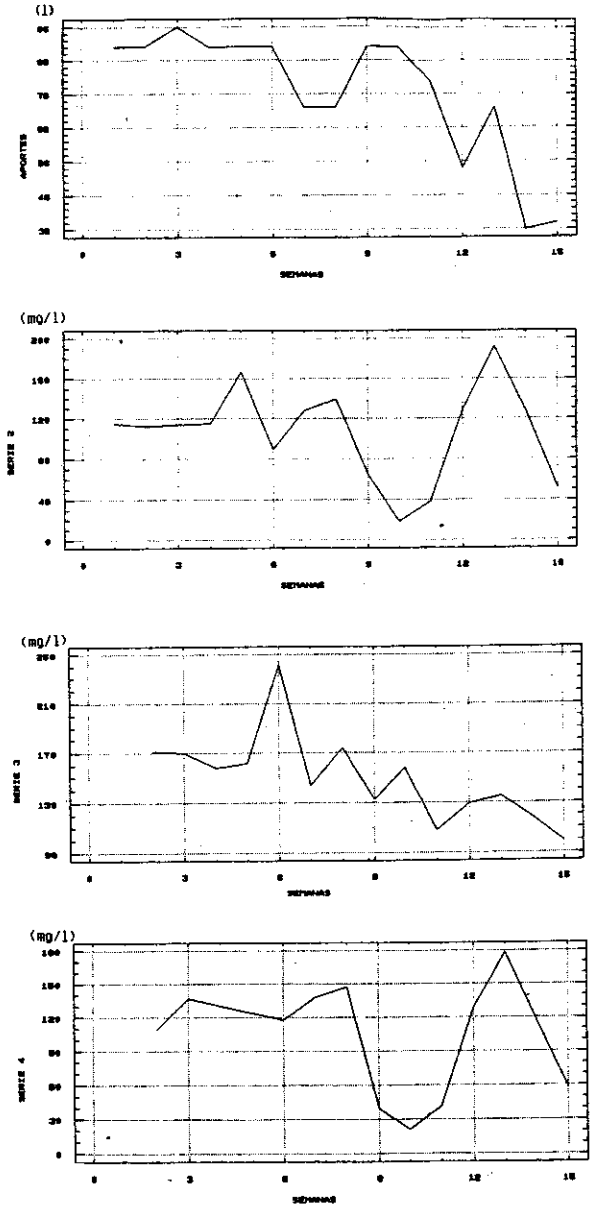

Figura 3. *Evolución temporal de los aportes y del contenido en nitratos para cada profundidad de succión*

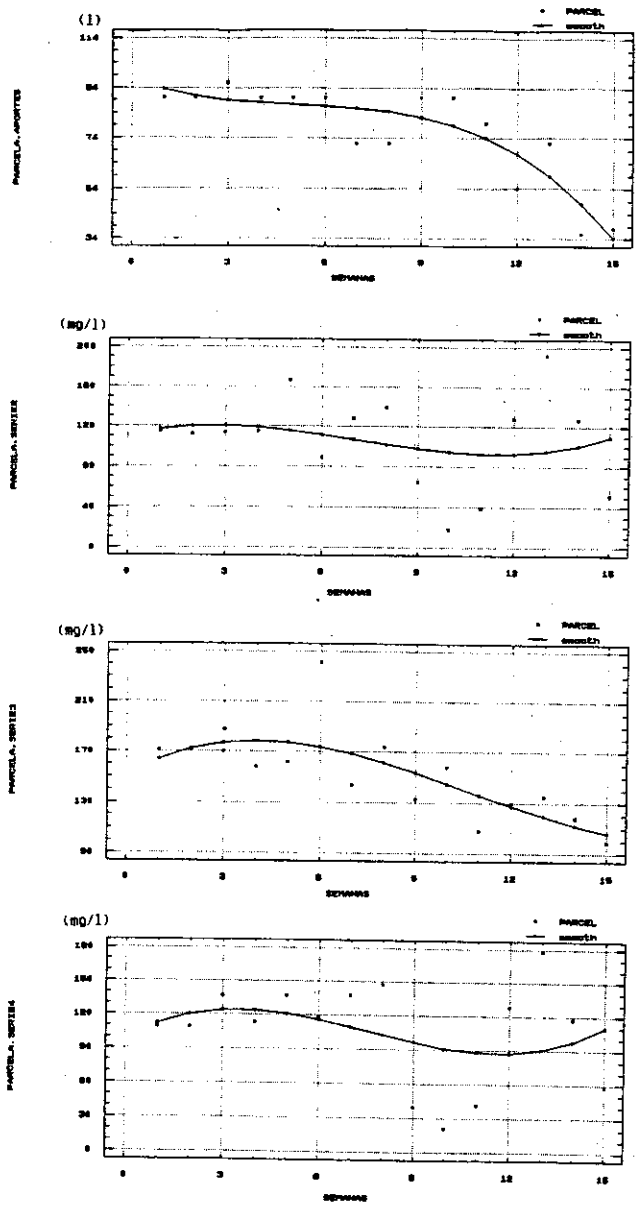

Figura 4. *Redondeado polinómico de las curvas de evolución temporal*

El contraste estadístico de esta aparente relación porcentual entre aportes de nutrientes por el gotero y presencia de éstos en el límite de la zona radicular, y de la no relación dentro de la misma, se ha realizado mediante la correlación cruzada de datos de ambas series.

El gráfico de correlación cruzada (figura 5) entre aportes y presencia de nitratos a diferentes profundidades en ZNS, muestra mayores coeficientes de Pearson para la cápsula situada a mayor profundidad en el límite de la zona radicular.

El efecto combinado de los fenómenos de capilaridad-heterogeneidad del medio-efecto pistón-asimilación de nitratos por la raíces, se traduce en esta respuesta diferencial en la tasa de concentraciones en la vertical. No se trata de un efecto pistón puro, en cuyo caso obtendríamos una campana de Gauss menos afectada, sino que como consecuencia de la interacción de estos fenómenos, el efecto pistón se hace más patente por debajo de la zona radicular.

Cabe destacar que la relación causa-efecto entre aportes y presencia de nitratos en la serie 3 presenta un coeficiente de correlación superior a 0.6 en el instante t=0, lo que evidencia un tiempo de tránsito inferior a una semana entre los puntos de aporte y muestreo. Este fenómeno creemos queda justificado por la elevada porosidad de los "caballones" creados artificialmente para la mejora del cultivo, favoreciendo el tránsito de maquinaria a través de los surcos adyacentes, y evitando con ello la compactación del terreno a través del cual reciben las plantas los aportes de nutrientes, y sobre el que se instala la parcela experimental.

En cualquier caso, aún presentando un coeficiente de correlación que podemos considerar alto (0.6), la escasa proporción del total aportado que representa la concentración de nitratos en el punto de sución más profundo evidencia una buena planificación de abonado y riego en estas instalaciones. Este hecho, ya tratado por Grande (1993) y Grande, et al. (1993), se traduce en una escasa tasa de contaminación de las aguas subterráneas por los cultivos de cítricos en el sector, frente a la fuerte incidencia que representan los cultivos de fresas.

CONCLUSIONES

De las experiencias descritas se concluye la existencia de un proceso combinado de fenómenos de capilaridad-efecto pistón-asimilación de nitratos por las raíces, que se traduce en una respuesta diferencial en la tasa de concentraciones en la vertical. Entendemos que no se trata de un efecto "pistón" puro, sino que como consecuencia de la interacción de estos fenómenos, éste se hace más patente por debajo de la zona radicular. La escasa proporción que representa la concentración de nitratos por debajo de esta zona en relación con la del agua de riego, confirma de nuevo la escasa infiltración profunda de contaminantes en sectores con cultivos de cítricos con riego por goteo, hecho que no sucede, según nuestras investigaciones, en cultivos de fresas adyacentes en los que la concentración de nitratos en zona saturada alcanza valores próximos a 500 mg/l.

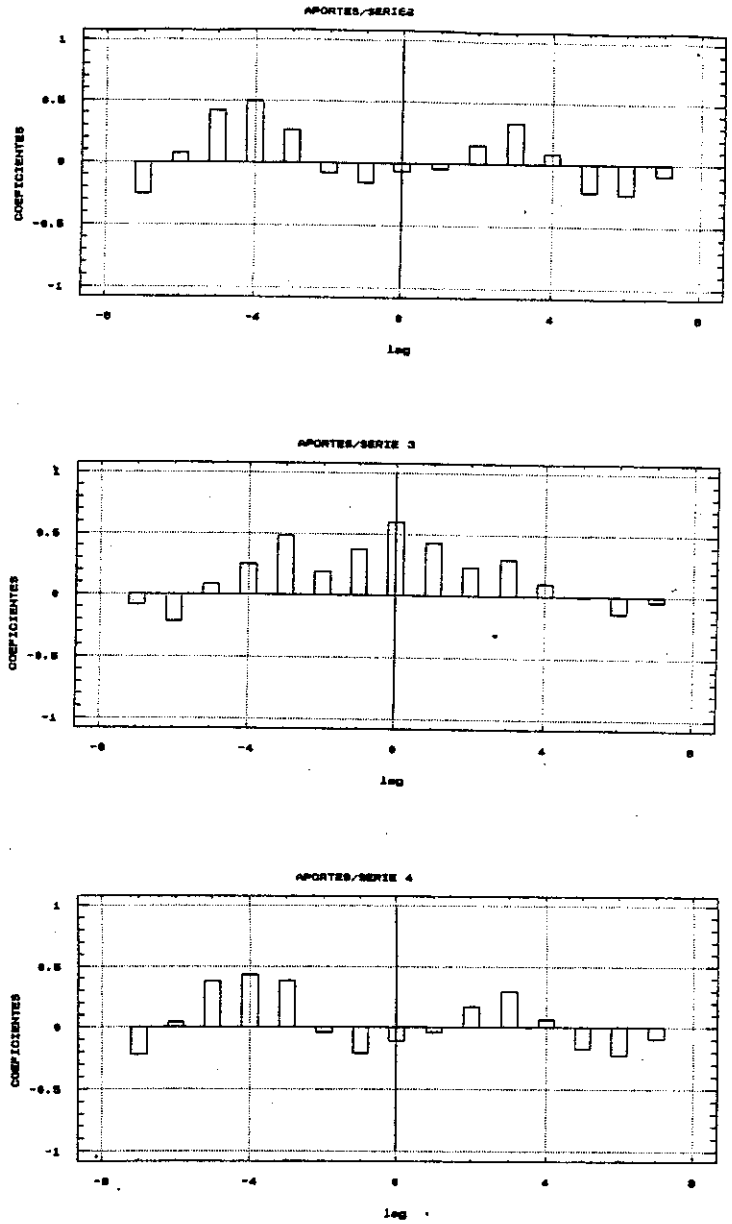

Figura 5. *Gráficos de correlación cruzada: aportes por goteo (litros de riego por árbol y día) / presencia de nitratos a distintas profundidades en ZNS (mg/l)*

Una adecuada planificación y el subsiguiente programa de vigilancia ambiental creemos que haría compatibles el desarrollo agrario del sector, con todos los beneficios que conlleva, y la explotación racional de sus reservas de agua para otros usos, por lo que, entendemos, que se impone una inmediata actuación de los órganos responsables de la gestión de recursos hídricos si no queremos asistir al total deterioro de estos sistemas de utilidad pública.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer las ayudas prestadas durante el desarrollo de esta investigación a los Doctores Ignacio Morell y Félix Hernández, del Grupo de Investigación de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Jaume I.

REFERENCIAS

APHA-AWWA-WPCF (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. *Ed. Díaz de Santos. Madrid.*

CANDELA, L. (1991). Toma de muestras de agua en la zona no saturada, solución del suelo, succión con cápsulas de cerámica. *Sem. avanzado sobre la zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. CIHEAM. Barcelona.*

COLETO, I. y GOMEZ, M (1992). El proceso de recarga del acuífero del entorno del Parque Nacional de Doñana. *I Evaporación. V Simp. Nac. de Hidrog. Hidrogeología y Recursos Hidraulicos*, XVI, 383-394. Alicante.

FERNANDEZ URIA, A.; CASTAÑO, S. y MAESTRO, M. T. (1991). Experiencias para la caracterización del flujo y transporte de compuestos nitrogenados mediante el uso de modelos en una parcela experimental en San Fernando de Henares (Madrid). *Seminario avanzado sobre la zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. CIHEAM. Barcelona.*

GRANDE, J. A. (1993). Problemática mediambiental de la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas del sistema acuífero número 25 entre los ríos Guadiana y Piedras. *Tes. Doct. Univ. Sevilla. Palos de la Frontera (inédito).*

GRANDE, J. A.; SANCHEZ, B.; GONZALEZ, A. y SANCHIS, E. (1993). Aplicación del análisis clúster al estudio de la contaminación de origen agrícola en el sistema acuífero Ayamonte-Huelva (SW-España). *Geolis. Depto. Geolog. Univ. Lisboa (en prensa).*

GUIMERA, J. (1993). Análisis experimental de los procesos de flujo y comportamiento del ión nitrato en la zona no saturada y su influencia en el agua subterránea. *Tes. Doct. Univ. Polit. Catalunya. Barcelona (inédito).*

RAMOS, C. y VARELA, M. (1991). Lixiviación de nitratos en dos parcelas experimentales en regadío en la región de Valencia. *Seminario avanzado sobre la zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. CIHEAM. Barcelona.*

SANCHIS, E. (1992). Estudio de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas de la provincia de Valencia. Origen, balance y evolución espacial y temporal. *Tes. Doct. Univ. Barcelona. Ed. Diputación de Valencia.*

VIRGOS, L. y VARELA, M. (1991). Vinazas y bacterias en Daimiel (Ciudad Real). *Seminario avanzado sobre la zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. CIHEAM. Barcelona.*