

## Metodología de las experiencias realizadas en la parcela experimental de La Rábida, Palos de la Frontera – Huelva

R. Garrido, A. González, E. Romero y D. Orihuela

Grupo de Hidrogeología y Medio Ambiente. Universidad de Huelva (España).

**RESUMEN.** Describimos las experiencias realizadas en la parcela experimental de La Rábida. Han llevado consigo una problemática concreta en el proceso de instalación y funcionamiento. Se ha trabajado con tomamuestras de succión dotados con cápsulas de cerámica porosa y de teflón para realizar un estudio comparativo del funcionamiento de los dos tipos materiales en condiciones de campo. Esta comunicación estudia la evolución de los cationes calcio y magnesio de las aguas intersticiales extraídas por cada tipo de cápsula.

**ABSTRACT.** We describe the unsaturated zone experiments carried out in the experimental plot of La Rábida. Installation management issues of the field experiment are presented. Suction cups (ceramic and PTFE) were used to carry out a comparative study of the field behaviour of the two types of materials. This study shows the transport and fate of the ions calcium and magnesium in the soil solution extracted by each cup type.

### 1.- Introducción.

El Grupo de Hidrogeología y Medio Ambiente (II PAI RNM 149) viene realizando aportaciones al estudio del tránsito de contaminantes a través de la zona no saturada desde 1992, presentando sus experiencias a los foros internacionales que se organizan sobre esta temática concreta. Los trabajos de Grande (1995), Orihuela et al. (1998) y González et al. (1998), suponen las aportaciones más relevantes. Paralelamente se han realizado actividades académicas conducentes a informar sobre las técnicas utilizadas y las posibilidades reales que existen en la investigación y aplicación a casos concretos (Garrido, 1994). No podemos olvidar que el sector costero de la provincia de Huelva está caracterizado por la presencia de cultivos intensivos extratempranos sobre los que se asientan gran parte de la economía de la zona.

Actualmente se trabaja en una parcela experimental situada en el Campus de La Rábida de la Universidad de Huelva (Fig. 1). La zona donde se ubica la parcela está constituida por material cuaternario de relleno de la depresión del Guadalquivir, básicamente arenas gruesas de tonalidades pardas a rojizas. Hidrogeológicamente se sitúan en el sector oeste del Sistema Acuífero Almonte – Marismas. Se cultivan cítricos, melocotoneros y plantas forrajeras además de otras labores.

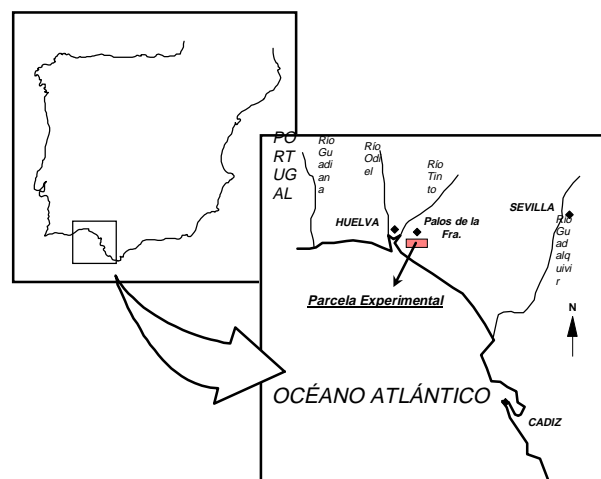


Fig. 1. Situación de la parcela experimental ZNS – La Rábida.

Para el estudio del tránsito de contaminantes en zona no saturada (ZNS), se instalaron baterías de tomamuestras dotados con cápsulas de succión de cerámica porosa y de teflón. Se pretende estudiar individualmente el comportamiento de cada tipo de cápsula y, posteriormente, realizar un estudio comparado. El interés de las experiencias parece evidente tanto desde el punto de vista hidrogeológico como agronómico.

### 2.- Dispositivos instalados en la parcela.

En la parcela anteriormente citada se han dispuesto baterías de tomamuestras en tres subparcelas tal como indica la Figura 2:

- Subparcela cítricos (1C1 a 1C6 y 1T1 a 1T6).
- Subparcela melocotoneros (2C1 a 2C6).

Correspondencia: Ramón Garrido Morillo, Dpto. Ingeniería Minera, Mecánica y Energética, Universidad de Huelva, 21819 Palos Fra. Huelva, España.  
E-mail: morillo@uhu.es

- Subparcela testigo, sin labores (3C1 a 3C6).

En cada subparcela se han situado seis tomamuestras de cerámica porosa a profundidades de 20, 40, 60, 80, 100 y 120 cm. Además, en cítricos se han instalado seis tomamuestras de teflón del tipo Prenart Super Quartz (Prenart Equipments Aps ©) (Fig. 3).

Se han instalado tensiómetros, conductivímetros y termómetros de campo para medidas in situ. El riego se ha realizado por fertirrigación controlando el caudal y las dosis de abonado tanto en cítricos como en melocotoneros. En la subparcela testigo no se aportó abono alguno.

Los datos climatológicos han sido tomados de la estación meteorológica situada en el propio Campus propiedad de la Consejería de Medio Ambiente. Estos datos corresponden a valores de lluvia, radiación, presión atmosférica, viento, temperatura y humedad en tiempo real.

### 3.- Desarrollo del muestreo.

El muestreo para la totalidad de la parcela se llevó a cabo con periodicidad semanal de noviembre de 1996 a junio de 1997 (29 campañas por tomamuestras). Las muestras fueron

remitidas de forma inmediata al Servicio Central de Investigación de la Universidad de Huelva para análisis de los siguientes iones: bicarbonato, carbonato, sulfato, nitrato, cloruro, sodio, potasio amonio, calcio y magnesio. En la subparcela de cítricos se midió in situ conductividad, pH y temperatura de febrero de 1996 a junio de 1997. En la subparcelas testigo y melocotoneros se realizaron igualmente medidas de conductividad y de pH además de analíticas de nitratos en campo.

En general, la cerámica porosa ha tenido un comportamiento óptimo siendo el teflón más irregular. La primera, en lo que a subparcela de cítricos se refiere, ha proporcionado un 94% de muestras mientras que la segunda sólo el 70%. En cuanto al volumen de muestra, la diferencia vuelve a ser evidente; la cerámica aportó el 85 del máximo (125 ml/muestra) mientras el teflón sólo lo hizo en un 59%.

El tomamuestras de cerámica porosa consta de más elementos, lo que en principio puede suponer más problemas por pérdida de estar. En realidad no ocurre así, pues al estar bajo el suelo cualquier poro que se produzca en la unión de las piezas puede ser rellenado por las arcillas del suelo.

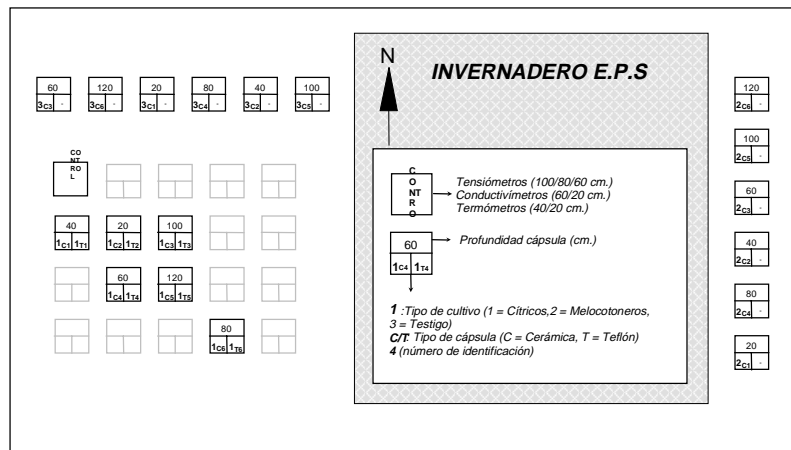


Fig. 2.- Parcela Experimental ZNS. Disposición de los elementos de muestreo y control.

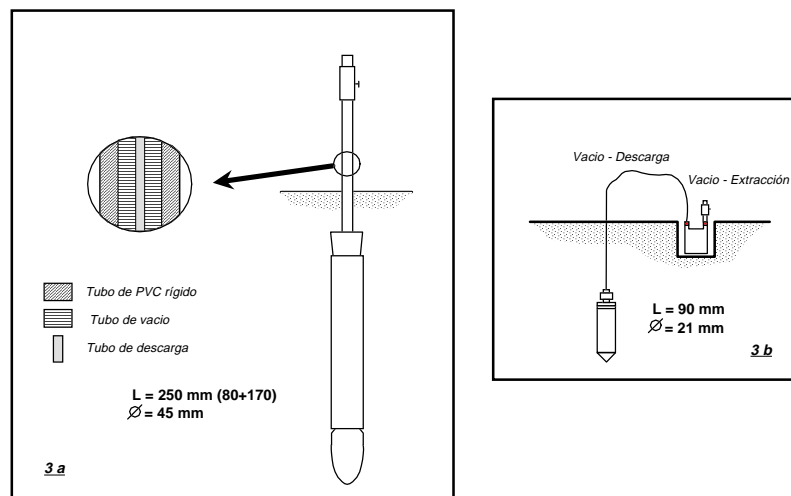


Fig 3.- Disposición esquemática de los tomamuestras de succión en la parcela (3 a - cerámica porosa; 3 b - teflón).

Las cápsulas de teflón son elementos simples con las piezas unidas por roscas. Es en el exterior donde se originan los problemas al estar la conexión capilar – matraz de almacenamiento al aire libre. La propia experiencia indica que a pesar de usar diversos adhesivos y/o aislantes existentes en el mercado, sigue dando problemas de pérdida rápida de vacío. En condiciones de laboratorio, en medio saturado, ambas ofrecieron óptimo resultado.

En las experiencias, las cápsulas de cerámica a la vez que succionan tienen capacidad almacenadora; este volumen se extrae posteriormente por medio de una jeringa convencional. El procedimiento concluye con el lavado de los elementos con agua bidestilada para evitar, en lo posible, contaminaciones entre muestras.

Las cápsulas de teflón funcionan de manera distinta. El terminal de la cápsula se ha acoplado a un matraz del tipo kitasato con dos entradas. En la boca del matraz se introdujo un tapón perforado en el centro que recibe al tubo de descarga facilitando que el agua se almacene en el interior del matraz. La salida lateral lleva un tubo flexible con presilla de cierre para realizar el vacío. Este último elemento también funciona para la extracción del agua intersticial succionada. El sistema consta, por tanto, de un elemento de succión (la propia cápsula) y un elemento almacenador (el matraz kitasato).

Por último conviene reseñar la importancia de las abundantes precipitaciones registradas en la zona durante el período de control, lo que ha facilitado la presencia de agua en los niveles muestreados.

#### 4.- Avance de resultados.

Mucho se ha escrito ya por diferentes autores en las últimas reuniones de ZNS sobre la idoneidad de los materiales utilizados para extraer agua de la zona no saturada. Las posibles interferencias alteran la química del agua, trabajándose, posteriormente, con datos de representatividad dudosa. Igualmente, cualquier trabajo que se haga en esa dirección, parece que aumenta más la polémica. Morell y Sánchez (1998) realizan un estudio en el ámbito de laboratorio comparando tres tipos de cápsulas (Tabla 1): concluyen con unas recomendaciones sobre la validez de la utilización de las cápsulas para determinados iones (Tabla 2). Los datos procedentes de las analíticas realizadas en las experiencias de la parcela experimental de La Rábida serán objeto de estudio en otra comunicación presentada a estas IV Jornadas sobre Investigación en la Zona no Saturada (ZNS' 99 – Puerto de la Cruz – Tenerife). No obstante, trataremos de comentar algunos aspectos sobre el comportamiento de los cationes calcio y magnesio en las cápsulas de cerámica porosa (Tipo C de Morell) y en las de teflón (Tipo T de Morell).

Se analizó mediante scanning de microscopía electrónica la composición global de las cápsulas de cerámica porosa que, de forma semicuantitativa, presenta los resultados de la Tabla 3.

El agua intersticial recogida por los tomamuestras ha sido analizada reflejándose en la Tabla 4 el sumario estadístico para los cationes calcio y magnesio.

**Tabla 1.** Características comparativas de las cápsulas que se emplean en estudios de ZNS (Morell y Sánchez, 1998).

Tipo	Material	Fabricante	Diámetro exterior (cm)	Espesor pared (mm)	Longitud (mm)
C	Cerámica	Valencia	48	6	85
A	Cerámica	Francia	63	6	90
T	Teflón	Dinamarca	21	-	95

**Tabla 2.** Validación de la utilización de las cápsulas en diversas experiencias (Morell y Sánchez, 1998).

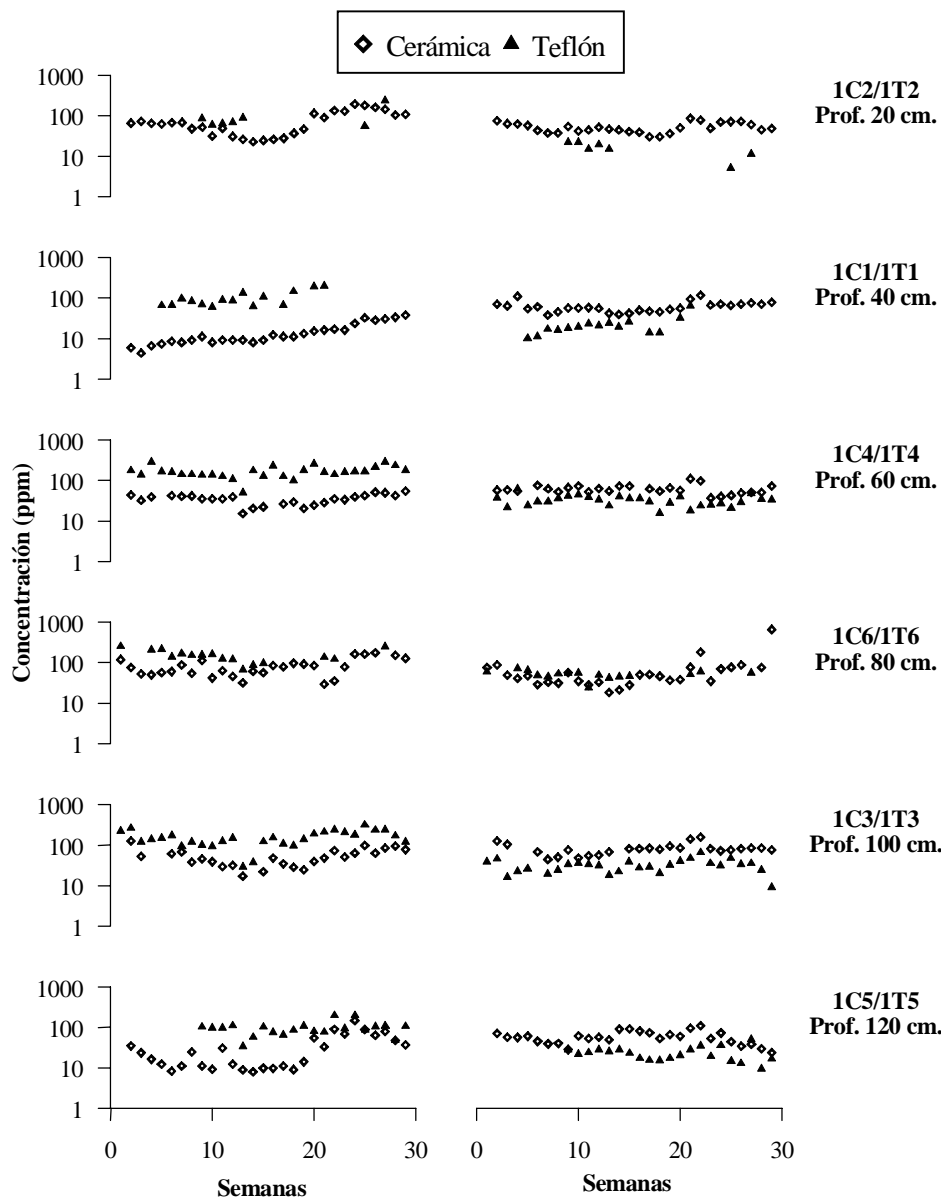
	Cerámica Tipo A	Cerámica Tipo C	Teflón
Utilizables sin restricciones	Sodio, potasio, boro y amonio.		Bicarbonato, nitrito, calcio y sodio.
Utilizables con restricciones	Cloruro, nitrato, magnesio y sulfato.	Cloruro, nitrato, sodio y boro.	Cloruro, nitrito, magnesio, potasio, boro.
No utilizables	Bicarbonato, fosfato, nitrito, calcio.	Bicarbonato, sulfato, nitrito, calcio, magnesio, potasio, amonio.	Sulfato, fosfato y amonio.

**Tabla 3.** Análisis semicuantitativo de las cápsulas de cerámica porosa (Tipo C) empleadas en las experiencias de La Rábida (resultados analíticos obtenidos en los S.C.I. de la Universidad de Huelva).

Elemento	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	FeO
% en peso	0.49	16.25	21.78	45.42	1.77	13.01	0.44	0.87

**Tabla 4.-** Sumario estadístico correspondiente a las analíticas de las aguas extraídas por tipo de cápsula (datos en mg/l; SCI de la Universidad de Huelva).

	1C1	1T1	1C2	1T2	1C3	1T3	1C4	1T4	1C5	1T5	1C6	1T6
Prof. cm.		40		20		100		60		120		80
Muestras	28	15	28	15	25	28	26	28	28	21	28	16
<b>Ca<sup>2+</sup></b>												
Media	12	93	64	83	47	138	33	156	23	89	72	142
Máximo	37	197	192	240	126	314	54	287	145	197	174	251
Mínimo	4	60	23	56	16	29	15	49	8	34	29	67
$\sigma$	9,2	45,8	49,5	65,4	26,7	65,9	9,9	54,2	33,3	39,3	41,0	54,0
<b>Mg<sup>2+</sup></b>												
Media	56	20	50	14	77	29	60	311	54	21	45	50
Máximo	115	63	85	22	154	65	111	63	107	50	88	72
Mínimo	10	10	30	5	44	9	37	16	24	9	18	24
$\sigma$	21,2	12,8	15,0	6,24	26,3	11,4	16,2	10,1	21,1	9,3	21,3	10,8

**Fig. 4.-** Representación gráfica de los resultados obtenidos para el calcio (izda.) y para el magnesio (dcha.) en la parcela experimental de La Rábida (nov. 1996 a junio. 1997).

Se ha realizado el tratamiento gráfico de toda la información analítica correspondiente a los cationes calcio y magnesio elaborándose el gráfico de la Figura 4. Teniendo en cuenta la poca o nula interferencia del teflón sobre los cationes calcio y magnesio y, la composición de las cápsulas de cerámica porosa, podemos inferir a la vista de los gráficos, que estas últimas actúan como intercambiadores iónicos reteniendo calcio del agua y aportando magnesio a la misma. Este fenómeno es posible gracias a la afinidad de esos dos elementos basada en el tamaño iónico y en la equivalencia a nivel electrostático. Así pues, efectivamente, este tipo de material no es aconsejable de usar en las experiencias en las que intervengan estos dos cationes.

## 5.- Conclusiones.

Las técnicas de extracción del agua intersticial del suelo con tomamuestras son una herramienta útil para el estudio de la evolución de las soluciones en el complejo sistema agua – suelo – planta. No todos los tipos de tomamuestras ofrecen resultados representativos. En este caso, se ha estudiado el comportamiento de la cerámica porosa y el teflón para definir posibles interacciones de la primera con respecto a los cationes calcio y magnesio. Las interferencias

que produce son evidentes desaconsejándose su uso para estudios en los que intervengan dichos cationes

*Agradecimientos.* El presente trabajo ha sido financiado por el II Plan Andaluz de Investigación y por el II Plan Propio de Investigación de la Universidad de Huelva. Las analíticas han sido realizadas en los laboratorios del Servicio de I+D de la Universidad de Huelva.

## Referencias.

- Garrido, R. Técnicas de muestreo en zona no saturada. Metodología. *Impacto sobre el agua de las actividades agrícolas, urbanas e industriales*. Edita Grupo de Hidrogeología y Medio Ambiente. Universidad de Huelva. 1994.
- González, A.; Orihuela, D.L.; Romero, E.; Garrido, R. *Progresos en la investigación en zona no saturada*. Collectánea, 11. Serv. Publ. Univ. Huelva. 1998.
- Grande, J.A. *Contaminación de aguas subterráneas en el sector costero occidental de Huelva*. Colección Alonso Barba, 1. Serv. Publ. Univ. Huelva. 1995.
- Orihuela, D.L.; González, A.; Romero, E.; Garrido, R. Evolución espacial de formas nitrogenadas (nitrito, amonio y nitratos), en suelos cultivados. *Progresos en la Investigación en Zona no Saturada*. Collectánea, 11. Serv. Publ. Univ. Huelva. pp: 289 - 300. 1998.
- Morell, I. y Sánchez, J.M. Evaluación de tomamuestras de cápsula porosa bajo condiciones de laboratorio: comparación entre cápsulas de cerámica y PFTE. *Progresos en la Investigación en Zona no Saturada*. Collectánea, 11. Serv. Publ. Univ. Huelva. pp: 89 - 108. 1998.