

UTILIZACIÓN DE TOMAMUESTRAS DE SUCCIÓN PARA ESTUDIOS
DE LAS ZNS EN SECANO

A. MARTÍNEZ ÁLVAREZ, J. REYES LÓPEZ, S. MARTÍNEZ PÉREZ y A. SASTRE MERLÍN

Dpto. Geología. Universidad de Alcalá

RESUMEN

En este trabajo de investigación se aborda la posibilidad de estudio de la zona no saturada en cultivos de secano abonados con purines de cerdo, utilizando tomamuestras de succión de cerámica porosa. En este sentido, se puede afirmar que con este sistema se pueden obtener muestras de agua frente a un potencial matricial de -40 cbar. De esta manera es posible la utilización de tomamuestras de cerámica porosa para controlar la contaminación difusa por nitrato que se produce en los cultivos de secano aunque solo durante la estación lluviosa.

ABSTRACT

In this research we approach the study of the unsaturated zone in liquid animal sludge fertilized dry farming land using a suction cup. In this way we have proven that ceramic suction cup can obtain water sample against a matric potential of -40 cbar. This make way to the utilization of suction cup to sample in dryness during railfal station and monitorig the nitrate diffuse pollution produced in dry farming.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios de movilidad y migración del ion nitrato en cultivos de secano, son interesantes ya que estos constituyen una fuente de contaminación difusa de este anión, que puede migrar en episodios lluviosos hacia los acuíferos subyacentes (M. Varela Sánchez, 1991). En el caso que nos ocupa el interés del estudio es mayor, ya que para el abonado del cultivo se han empleado purines de cerdo, consiguiendo con ello una vía de utilización y eliminación de estos residuos con alta carga contaminante, como se muestra en la Tabla 1.1 (Ferrer, J.P et a 1981), que en España se producen en cantidades importantes (Tabla 1.2), aumentando de año en año a la par que la demanda de este tipo de ganado.

Tabla 1.1.

Composición de diferentes purines según el tipo de granja de ganado porcino (resultados expresados sobre MS). Ferrer, J.P. et al., 1981 (Tomada de A. Ruiz Padín, 1996)

Componente\Tipo	Engorde	Ciclo completo	Madres
% Materia seca	8,48	5,2	3,24
% Matera orgánica	74	66,31	68
% N total	8	8,92	8
%N orgánico	3	2,67	2
%N amoniacal	4,44	6,25	5,62
% P ₂ O ₅	5,8	6,07	5,96
% K ₂ O	5	5,94	5
ppm Cu	753	678	673
ppm Zn	600	807	789
ppm Fe	1006	1207	1192
ppm Mn	320	303	308

Tabla 1.2.

Producción de Estiércol en España (1992) A. Ruiz Padín, 1996.

Especie y tipo	Censo	Kg estiércol/cabeza/día	Total día
Porcino <50 Kg	8.576.000	3	25.728.000
Porcino engorde	7.400.000	6	44.400.000
Porcino de reproducción	2.114.000	10	21.140.000

Los trabajos para analizar el movimiento del nitrato a través de la ZNS se han realizado, en los últimos veinte años, con tomamuestras de succión (cerámica porosa, teflón u otros materiales); sin embargo, su uso se restringe a estudios en regadíos o zonas de clima húmedo, debido a las limitaciones de

los mismos a la hora de recoger muestra cuando el grado de humedad del suelo no es elevado.

En este trabajo se muestran una experiencia de campo y otra de laboratorio para determinar hasta qué punto es posible la utilización de los tomanuestras de succión en cultivos de secano para cuantificar la posible contaminación por NO_3^- de los acuíferos, cuando se adicionan grandes cantidades de purines al suelo.

2. LOCALIZACIÓN

La parcela experimental utilizada está ubicada en el complejo que el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) posee en Alcalá de Henares, en concreto, en la finca "la Canaleja" que se encuentra situada en las terrazas bajas del río Henares, en un terreno con textura Franca (40,6% limos/ 21,6% arcillas/ 37,8% arenas) y con un porcentaje de materia orgánica entre 1,4 y 1,7, en el que se está cultivando trigo.

Dicha parcela, cuya finalidad inicial es el análisis de la viabilidad de la utilización de purines como fertilizantes en cultivos de secano, se ha dividido en a su vez en 54 subparcelas a las que se han aplicado distintos tratamientos fertilizantes y de quema de rastrojo, triplicándose cada tipo de tratamiento, como se pone de manifiesto en la figura 2.1.

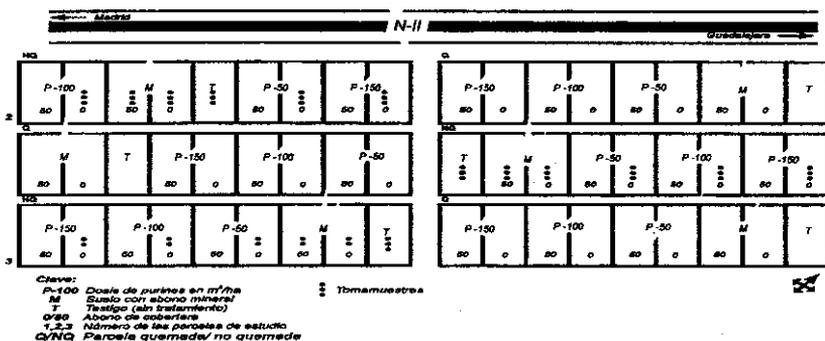


Fig. 2.1. Parcelas experimentales de "la Canaleja", INIA, en Alcalá de Henares.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

En la citada parcela experimental se han instalado un total de 49 tomanuestras en ZNS, a profundidades de 30, 60 y 90 cm, localizándose una serie de tomanuestras en cada uno de los tipos de tratamiento fertilizante empleado

(tres repeticiones) en las parcelas en que los rastrojos no eran quemados y, exceptuando la subparcela con abono mineral, siempre en terreno sin tratar con abono de cobertera (fig. 2.1).

En 5 de las 18 subparcelas seleccionadas no pudieron instalarse los tomamuestras a 90 cm de profundidad debido a la presencia de gravas antes de alcanzar la misma. Los tomamuestras utilizados son de fabricación propia, constando de una cápsula de cerámica porosa unida a un tubo de PVC y sellada en superficie mediante un tapón de goma en el que se insertan dos tubos finos de nailon. La instalación de los mismos se realizó según las indicaciones de Candela et al (1993), rellenándose el espacio anular con el propio suelo extraído.

Se han efectuado varias campañas de muestreo coincidentes con episodios de lluvias desde octubre de 1995 hasta febrero de 1996 (figura 3.1).

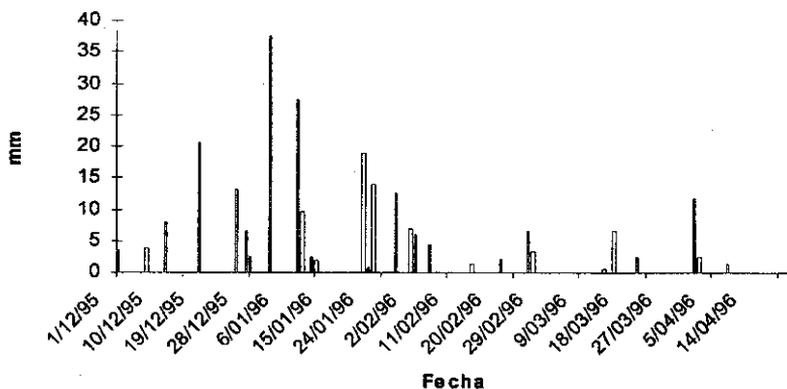


Fig. 3.1. Precipitaciones recogidas en "la Canaleja" durante la experiencia (cedidas por INIA).

En las primeras campañas no se obtuvieron resultados satisfactorios, en lo que a recogida de muestras se refiere, por lo que se procedió a mejorar la conexión de las capsulas y el terreno por medio de la adición de arena sílice de diámetro 0,088-0,177 mm en la zona adyacente a la cápsula. Con estas modificaciones, se consiguieron un total de 33 muestras (tabla 3.1) que dado el elevado número de tomamuestras instalados no representan una cantidad suficiente de éxitos. Además, estas muestras no presentaron continuidad ni en el espacio ni en el tiempo (tabla 3.1), por lo que no se procedió a su análisis.

Si, como se aprecia en la tabla 3.1, es posible obtener muestras de agua de la zona no saturada, con tomamuestras de succión, hay que averiguar hasta que punto es posible obtener una muestra en cantidad suficiente para poder analizar su contenido en nitrato. Para ello, se ha diseñado el Test de eficiencia que a continuación se expone:

Tabla 3.1.
Muestras obtenidas en "la Canaleja" y su situación en las parcelas

2	P-100		M		T	P-50		P-150	
Prof.	50	0	50	0		50	0	50	0
							28/1/96		8/2/96
30							29/1/96		
							8/2/96		
60									
90									
1	T	M		P-50		P-100		P-150	
Prof.		50	0	50	0	50	0	50	0
							26/1/96		
30							29/1/96		
60									
	28/1/96		28/1/96						
90	8/2/96		29/1/96						
			8/2/96						
3	P-150		P-100		P-50		M		T
Prof.	50	0	50	0	50	0	50	0	
		15/1/96		12/1/96		26/1/96			24/1/96
		8/2/96		24/1/96		29/1/96			26/1/96
30				26/1/96					
				29/1/96					
				8/2/96					
60		12/1/96							
		24/1/96							
		26/1/96							
		29/1/96							24/1/96
90				26/1/96		26/1/96		29/1/96	26/1/96
									29/1/96
									8/2/96

ESQUEMA TEST DE EFICIENCIA DE LOS TOMAMUESTRAS (TM) DE SUCCIÓN:

1. *Preparación de macetas:*

- 1.1. Obtención de las columnas de suelo con la menor alteración posible.
 - 1.1.1. Recogida de una muestra para determinar la humedad inicial a la profundidad deseada.
- 1.2. Disposición del suelo en las macetas en el mismo orden en que se encuentra en el campo.
- 1.3. Compactación del suelo en las macetas para que los poros del mismo se conecten de nuevo.
- 1.4. Instalación de los tomamuestras y los tensiómetros.

2. *Calibrado de tensiómetros y curvas características:*

- 2.1. Añadición agua al suelo y hasta llevarlo a capacidad de campo.
 - 2.1.1. Anotación la medida de succión del suelo.
 - 2.1.2. Cálculo de la cantidad de agua retenida por el suelo: vol. agua añadido - vol. de agua excedente.
 - 2.1.3. Obtención de una muestra de suelo próxima al tensiómetro y hallar su porcentaje de humedad por diferencia de peso tras 24h a 110°C en estufa.
- 2.2. Dejar secar la columna a temperatura ambiente y controlar la medida de succión; cuando baje, repetir los pasos 2.1.1 y 2.1.3.
- 2.3. Repetición del paso 2.2 hasta que las variaciones de succión sean muy lentas o nulas.
- 2.4. Hacer una gráfica de humedad succión.

3. *Test de eficiencia:*

- 3.1. Volver a poner el suelo a capacidad de campo y hacer vacío en el TM, esperar el tiempo suficiente para que tome muestra y anotar los resultados.
- 3.2. Repetición del paso 3.1 en una serie decreciente de porcentajes de humedad, anotando los resultados.
- 3.3. Interpretación de los resultados.

Además, esta experiencia permite a su vez recoger y almacenar muestras de suelo y agua para su posterior análisis en todas las fases del experimento, permitiendo con ello la posibilidad de estudiar la migración de los contaminantes (principalmente Nitrato), a través de la ZNS y la viabilidad de uso de las cerámicas para este tipo de estudios.

4. DESARROLLO DEL TEST DE EFICIENCIA

4.1. *Preparación de macetas*

Para la realización de este test se han dispuesto 3 macetas de iguales dimensiones (25 cm h x 25 cm \varnothing) en el laboratorio de suelos del Departamen-

to de Geología de la UA instalándose en cada una de las macetas un tomamuestras de succión (fabricación casera) y un tensiómetro (Fig. 4.1). Además, en la maceta 2 se ha instalado un tomamuestras Irrometer de la casa Copersa.

Las macetas se rellenan con suelo de "la Canaleja" de la parcela 1, con una dosis de purín de cerdo de 100 m³/ha (sin abono de cobertera). Para ello se hizo un agujero en el suelo, extrayéndose el mismo en 3 capas de 10 cm de grosor y un diámetro de 25 cm. Dichas capas se dispusieron en las macetas tratando de respetar la estructura del suelo. Una vez llenas las macetas, se golpearon suavemente a fin de conseguir una mejor conexión de los poros entre las capas. En este momento, también se tomó una muestra de suelo (0-30 cm) para su análisis posterior.

La instalación de los tensiómetros y los tomamuestras en las macetas, se realizó según las indicaciones de Candela (1993) y J. M. Sánchez-Pérez (1994), compactándose el espacio anular con el propio suelo extraído.

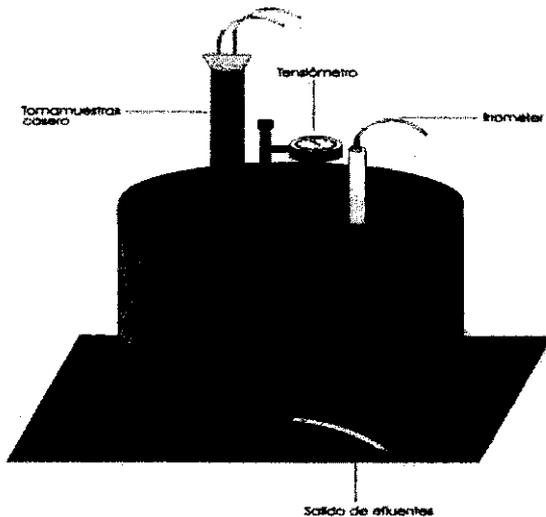


Fig. 4.1. Dispositivo experimental para el test de eficiencia

4.2. Calibrado de Tensiómetros y curva característica

Una vez preparadas las macetas, se procedió a la saturación del suelo con agua del grifo y tras esperar a que todos los poros fueran ocupados por agua, se permitió la salida de efluentes para eliminar así el exceso de agua (que se cuantificó y recogió para su posterior análisis).

Posteriormente se dejó que las macetas perdiesen el agua de forma natural, observando periódicamente la medida de succión que proporcionaban los tensiómetros y calculando el contenido de humedad del suelo (cálculo por diferencia de peso tras 24 horas a 110°C). Con los datos obtenidos se ha elaborado la curva característica del suelo (Fig 4.2).

Esta fase de la experiencia tuvo una duración total de 66 días, momento en que se alcanzó una tensión de 80 cb que es el límite de medida de los tensiómetros (COPERSA, ficha técnica). Los resultados obtenidos durante esta fase se pueden ver en las figuras 4.2, 4.3 y 4.4.

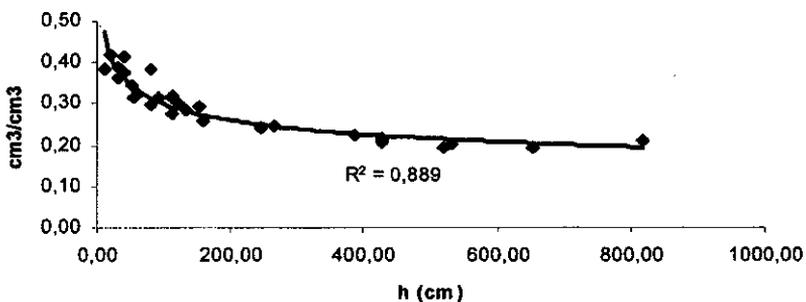


Fig. 4.2. Curva característica obtenida con los tensiómetros

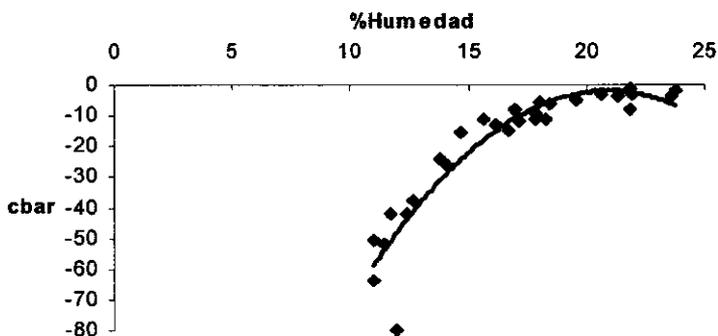


Fig. 4.3. Evol. de la humedad respecto al potencial matricial (proceso de secado del suelo).

En esta etapa se midió también la cantidad de agua añadida ($\approx 70 \text{ l/m}^2$), la de agua excedente y con ello se calculó la cantidad de agua retenida ($\text{H}_2\text{O}_{\text{retenida}} = \text{H}_2\text{O}_{\text{añadida}} - \text{H}_2\text{O}_{\text{excedente}}$).

También se interpoló la ρ_b (densidad aparente del suelo) para así poder transformar los datos de % humedad en θ (humedad en cm^3/cm^3).

Luego, con la fórmula del contenido másico de agua (θ_m):

$$\theta_m = \omega = M_w / M_s$$

Se puede averiguar el contenido volumétrico de agua (θ):

$$\theta = \theta_m \cdot \rho_b / \rho_w$$

En nuestro caso, $\theta = M_w / M_s \cdot \rho_b / \rho_w$

M_w = masa de suelo fresco — masa de suelo seco.

Para realizar los cambios de manera más directa, utilizaremos la siguiente expresión que parte de los datos en % de humedad:

$$\theta = \%_{\text{humedad}} / 100 \cdot \rho_b / \rho_w$$

En cuanto a la curva característica, de las distintas aproximaciones teóricas posibles (ver Tabla 4.1), se ha utilizado la más simple, esto es, la potencial, dando esta un buen grado de aproximación $R^2=0.889$.

Curva característica

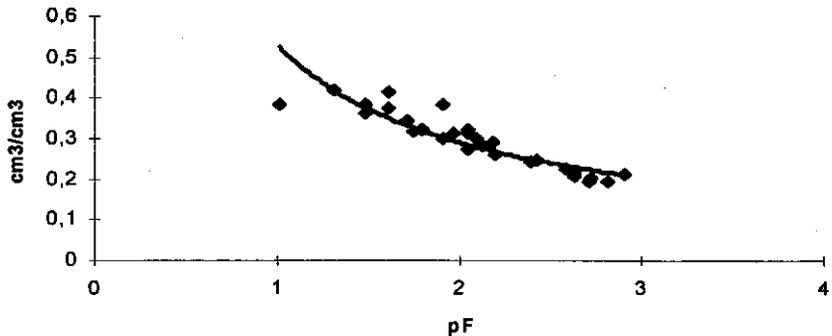


Fig. 4.4. Curva característica en función del pF.

Tabla 4.1.
Aproximaciones teóricas a la curva característica, Miyazaki (1993).

Funciones de aproximación para la construcción de la curva característica del suelo	
Función potencial:	$\psi_m = - a\theta^{-b}$
Función sigmoidea:	$\log(-\psi_m) = a + b \ln ((\theta/\theta_s)^{-c} - 1)$
Función de Van Genuchten:	$\Theta = (1 / 1 + (\alpha h)^n)^{1/n}$
donde	$\Theta = \theta - \theta_r / \theta_s - \theta_r$

4.3. Test de eficiencia

Una vez concluida la fase anterior, se volvieron a saturar las macetas como en ésta, recogiendo también muestra de los excedentes (excepto en la maceta 2 en que se perdió por una fisura).

Con el suelo saturado se efectuó vacío en los tomamuestras y al día siguiente se recogió la muestra. Esto se repitió para potenciales matriciales-crecientes y se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 4.2 y figura 4.5.

Tabla 4.2.
Resultados del test de eficiencia

Comportamiento del tomamuestras; maceta 1.			
Día	Succión (cbar)	Vacío efectuado (cbar)	Volúmen recogido (ml)
2	3	70	225
3	3	70	20

* El resto de los días no cogió muestra.

Comportamiento de los tomamuestras; maceta 2.				
Tipo Tm	Día	Succión	Vacío efectuado (cbar)	Volúmen recogido (ml)
casero	2	3	70	475
casero	* El resto de los días no cogió muestra.			
Copersa	11	no anotada	70	nada
Copersa	12	10	70	muy poca, poco t.
Copersa	15	11	70	30
Copersa	17	13	70	15
Copersa	18	13,5	80	20
Copersa	19	15	80	20

Cont.

Copersa	23	19	80	5
Copersa	24	21	80	15
Copersa	30	33	80	nada
Copersa	31	37	80	2
Copersa	*A partir de este día ya no cogió agua.			

Comportamiento del tomamuestras; maceta 3.

Día	Succión (cbar)	Vacío efectuado (cbar)	Volúmen recogido (ml)
2	0	70	50

* El resto de los días no cogió muestra.

La duración de esta fase de la experiencia fue de 44 días (maceta 2), constatándose que el tomamuestras de la casa Copersa capta agua a potenciales matriciales del suelo de hasta 21 cb. No ocurrió lo mismo con los tomamuestras de fabricación propia, para los que solo se pudo recoger agua en condiciones próximas a la saturación.

Dado que no se encontró ninguna causa para la diferencia de comportamiento entre ambos tipos de tomamuestras, se procedió a revisar las juntas cerámica-PVC de los de fabricación propia, empleando distintos pegamentos con el fin de minimizar posibles fugas.

Estos nuevos tomamuestras se instalaron en dos macetas rellenas con suelo de "la Canaleja", repitiendo en estas condiciones el test de eficiencia descrito.

Succión/volumen

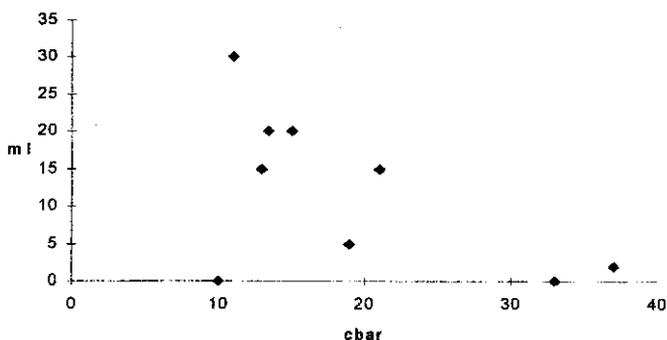


Fig. 4.5. Volúmen de agua tomado por el tomamuestras de la casa Copersa. Proceso de secado del suelo

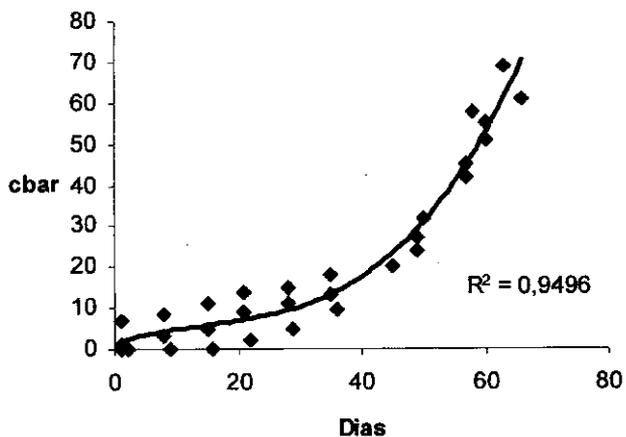


Fig. 5.1. Evolución del potencial matricial respecto al tiempo durante los meses de invierno.

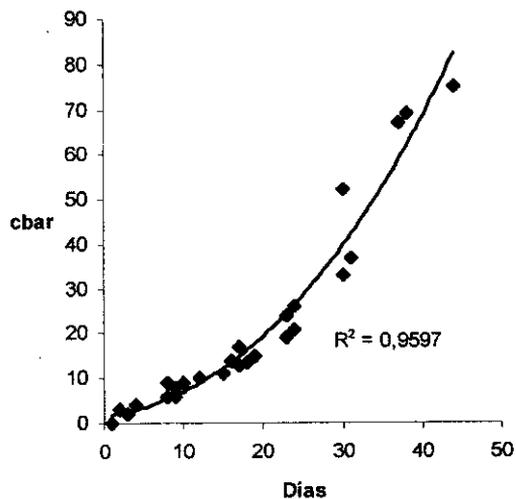


Fig. 5.2. Evolución del potencial matricial respecto al tiempo durante los meses de verano.

5. Resultados

La evolución del potencial matricial en las tres macetas es similar, y como se puede ver en la figura 5.1, se aprecia que en los meses de invierno (hay que tener en cuenta la calefacción y la histéresis) y, según estos datos, tendríamos un margen de 40 días para muestrear (hasta llegar a una succión de 20 cbar).

En la figura 5.2 se aprecia la evolución en el verano y se ve que el tiempo para poder muestrear se reduce a 20 días.

El tiempo en que sería posible hacer un muestreo solo es aplicable a las condiciones de experimentación ya que en el campo hay otros factores como puede ser la Evapotranspiración que harán que el tiempo de muestreo varíe y que hacen necesaria una nueva experiencia en campo.

Para completar este estudio se ha hecho un último experimento consistente en pegar las cerámicas porosas de los tomamuestras caseros con distintos pegamentos y ponerlas en unas macetas con suelo de la canaleja, para ver, si minimizando las fugas, estos tomamuestras pueden usarse en seco, y hasta que potencial matricial del suelo pueden tomar agua.

Los resultados de esta experiencia están representados en la figura 5.3, y como puede apreciarse en la misma, el tomamuestras casero puede tomar mayor cantidad de muestra y frente a potenciales matriciales mayores, llegando a un límite de 20 ml frente a 48 cb, aumentando así el tiempo en que es posible muestrear en estudios de campo en seco (las dos primeras muestras del tomamuestras corresponden a la fase de humedecimiento de la cerámica).

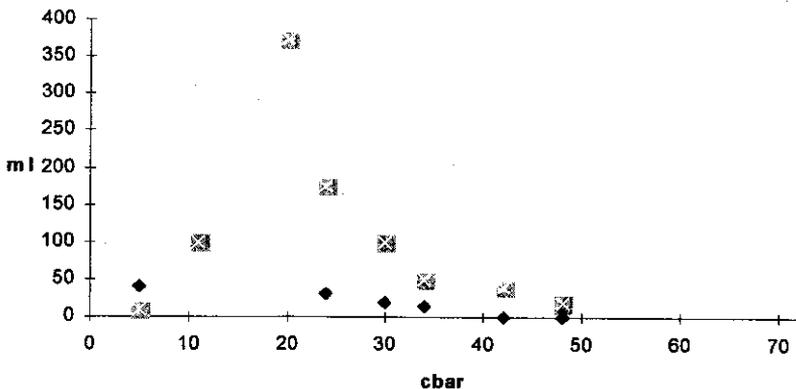


Fig. 5.3. Recuperación de agua por los TM casero (x) y Copersa (•)

6. CONCLUSIONES

La utilización de los tomamuestras de succión de cerámica porosa en condiciones de secano requiere ser muy cuidadoso en el proceso de construcción de los mismos cuando éstos son de fabricación propia, ya que el potencial matricial en estos casos es elevado, como consecuencia del bajo contenido de humedad al que se encuentra el suelo.

El test de eficiencia que se describe en el presente trabajo ha puesto de manifiesto que en condiciones de laboratorio, el potencial matricial crítico se sitúa entre 21 cb para el tomamuestras de la casa Copersa y 48 cb para los tomamuestras de fabricación propia.

En condiciones de laboratorio parece posible que los tomamuestras de succión puedan utilizarse en secano, siempre y cuando la construcción e instalación se realice de forma correcta y haciendo coincidir las campañas de muestreo en la medida de lo posible con las de lluvia.

En campo se ha conseguido tomar algunas muestras con tomamuestras de fabricación propia que no habían sido optimizados, lo que hace pensar que utilizando tomamuestras completamente optimizados, se puedan obtener muestras durante los periodos de lluvias y con ello llevar a cabo estudios de movilidad del ion Nitrato en secano.

7. AGRADECIMIENTOS

Esta experiencia se realizó gracias a la colaboración entre el equipo de investigación de Manuel Bigeriego, INIA (finca de "la Canaleja"), y él de Antonio Sastre, departamento de Geología de la UA.

BIBLIOGRAFÍA

- CANDELA L. (1993) Toma de muestras de agua: solución del suelo y succión con cápsulas de cerámica *La Zona No Saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. CIMNE, 11,26.*
- MIYAZAKI, T. (1993). Water Flow in Soils. *Marcel Dekker, INC.*
- RUIZ PADÍN, A. (1996). EIA aplicado a actividades Agropecuarias. Reutilización de residuos ganaderos. 11 Curso *Interdisciplinario de Medio Ambiente, Módulo de aguas residuales y residuos sólidos. Cátedra de Medio Ambiente de la UA.*
- SÁNCHEZ-PÉREZ J. M. (1994). Metodología de muestreo de agua y suelo en medio no saturado. *Investigación en Zona No Saturada, aspectos metodológicos y algunos ejemplos. Ed. Ignacio Morell Evangelista.*
- VARELA SÁNCHEZ, M. (1991) Situación de la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas del territorio peninsular y balear. *Publicaciones del Servicio Geológico. Nº53.*