

## Influencia de la Exposición Magnética del Agua en la Evaporación de Sustratos Arcillosos y Orgánicos

Ing. Jaime Ernesto Díaz. Ph.D.  
Profesor Titular  
Universidad del Valle

Ing. María Victoria Carbonell Padrino. Ph.D.  
Profesora Titular  
Universidad Politécnica de Madrid

Elvira Martínez Ramírez. Ph.D.  
Profesora Titular  
Universidad Politécnica de Madrid

### Resumen

Se pretendió disminuir el proceso de evaporación que se produce en dos tipos de suelo ( arcilloso y orgánico) humedecidos con agua expuesta a la influencia de un campo magnético con intensidad de 125 mT, durante un tiempo de 60 minutos. El experimento se realizó en recipientes sellados (desecadores) en cuyo interior se instalaron sondas que permitieron determinar la variación interna de la humedad relativa, con el fin de comparar la cantidad de agua evaporada en las muestras de suelo humedecidas con agua expuesta a tratamientos magnéticos o diferentes disoluciones salinas. Los resultados indicaron una menor evaporación de un suelo orgánico en 9% frente al control con un grado de significancia del 95% de acuerdo con el test de Dunnett.

### Abstract

It sought to diminish the evaporation process that takes place in two soil types (loamy and organic) humidified with exposed water to the influence of a magnetic field with intensity of 125 MT, during a time of 60 minutes. The experiment was carried out in sealed bowl in whose interior settled probes that allowed to determine the internal variation of the relative humidity, with the purpose of comparing the quantity of water evaporated in the floor samples humidified with exposed water to treatments magnetic or different saline breakups. The results indicated a smaller evaporation of an organic floor in 9% in front of the control with a degree of meaning of 95% agreement with the test of Dunnett.

Siendo:

$\Psi$  : Potencial del agua expresada en bar.

$T$  : Temperatura absoluta, expresada en K

$a_w$  : Humedad relativa del aire en equilibrio con el agua.

### *Efecto del magnetismo en las propiedades física - químicas del agua*

Los estudios realizados por Srisvastava (1978), mostraron que la aplicación de un campo magnético variable a un volumen de agua de 250 cm<sup>3</sup>, originaba una disminución del pH y de la conductividad eléctrica de la muestra, modificaciones que se mantenían al menos una semana. El estudio de la solubilidad del cloruro sódico y carbonato sódico mostró incrementos respectivamente de 3.5 y 4.5% con el tratamiento.

Gonet (1985), expuso agua tres veces destilada a campos magnéticos variables de 120 mT y 800 mT y 1kHz, y observó que se originaban cambios del 1% en la constante dieléctrica, variaciones de 0.02 unidades para el pH y de 0.2% para la tensión superficial, aunque estos resultados no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

La solubilidad en agua tratada magnéticamente con imanes de 250 mT, a diferentes temperaturas, de distintas sustancias químicas fue estudiada por Carbonell et al (1996) observando su incremento con respecto al agua sin tratar. Las máximas diferencias encontradas se presentaron a temperatura ambiente, con aumentos del 12% para el cloruro potásico.

Busch et al (1997), determinaron que los efectos magnetohidrodinámicos producidos por dispositivos magnéticos, ayudaban a controlar la formación de depósitos calcáreos en sistemas que utilizan agua y recomienda que el campo magnético debe formar un ángulo de 90° con la dirección del flujo de agua y que la velocidad aconsejada del flujo sea del orden de 1.5 m.s<sup>-1</sup>.

Experimentos para determinar el tiempo que el agua tratada magnéticamente mantiene sus propiedades fueron realizados por Del Gindice et al (1988), observando que las alteraciones

producidas pueden oscilar entre varias horas y algunos meses.

### *Influencia del tratamiento magnético del agua de riego*

Markov et al, (1975) al emplear agua de riego tratada magnéticamente encontró que se favorece el desarrollo de las plantas y se producen cambios en la cantidad de ácidos nucleicos y proteínas de las plantas.

Muchos investigadores han encontrado incrementos en la germinación, desarrollo y producción de distintos cultivos al utilizar agua que ha sido expuesta a un campo magnético. Entre muchos se puede mencionar a Yakovlev et al (1976,1985); Porfirev (1986); Zolotareva (1986); Shumakov et al (1989); Harari (1989).

La influencia del agua tratada magnéticamente en la evapotranspiración fue detectada por Hernandez et al (1992) quienes además lograron un aumento de los brotes en plantas de caña de azúcar regadas con agua tratada, consiguiendo aumentos de producción entre el 7 y 9%. Danilov et al (1994) en condiciones de invernadero, determinaron que el riego con agua tratada magnéticamente incrementa el porcentaje de germinación de semillas y biomasa total producida por los cultivos, así como una disminución del 18% en el consumo de agua.

En 1996 Bondarenko et al, concluyeron que, tratamientos magnetohidrodinámicos del agua disminuyen el consumo necesario para el lavado de los suelos salinos en 30%, aumentando la producción de dichos suelos entre el 10-20%.

### *Materiales y Métodos*

Se planeó un diseño experimental para dos ensayos con el fin de evaluar la variación de humedad de una muestra de suelo arcilloso y otra orgánica. Cada muestra de suelo corresponde a un ensayo. A cada ensayo se le aplicaron 5 tratamientos con cinco repeticiones por tratamiento. Se emplearon 10 g de cada una de las muestras por repetición.

Para los tratamientos se utilizaron dos disoluciones de cloruro sódico (0.1M y 4M), agua destilada y agua destilada expuesta a tratamiento magnético durante 60 minutos, para un total de cuatro.

Tratamiento	Soluciones
Control (C <sub>1</sub> )	Agua destilada
T <sub>1</sub>	Disolución 0.1M
T <sub>2</sub>	Agua magnetizada
T <sub>3</sub>	Disolución 4M

Tabla 1. Tratamientos empleados

Se usaron recipientes herméticos de vidrio, para controlar y medir la variación de la humedad. En cada ensayo se colocó en el interior de los recipientes una de las dos muestras de suelo. En cada recipiente se instaló un termómetro con sensibilidad de 1°C. Los recipientes se encontraban expuestos a las mismas condiciones de presión atmosférica y temperatura ambiente.

La humedad relativa dentro de cada recipiente se determinó con una sonda de alta precisión acoplada a un equipo digital. La calibración de la sonda se realizó de acuerdo a la norma DIN ISO 9001. Para determinar el peso de las muestras se utilizó una balanza electrónica de precisión (200 g ± 0.01 mg).

La fracción de arcilla se separó eléctricamente por medio de un tamiz de 2 mm, durante 1 minuto. Para determinar la distribución del tamaño de partículas (DTP), se empleó el método de Bouyoucos, descrito por Boodt (1987) y Florentino (1995). El análisis de distribución del tamaño de partículas (DTP) fue el siguiente: arena total 19%, limo 28% y arcilla 53%, lo cual corresponde a un suelo arcilloso (clasificación USDA) y arcilloso-fino (clasificación ISSS). La conductividad eléctrica fue de 0.27 mS.cm<sup>-1</sup> a 25°C en el extracto de saturación.

La fracción del suelo arcilloso fue secada en estufa a 105 °C durante 24 horas y luego se extendió en una capa con espesor de 0.5 centímetros. A continuación se expuso a la

humedad de la atmósfera durante 48 horas, con el fin de obtener condiciones iniciales homogéneas de humedad en la muestra de suelo.

Se utilizó la fracción orgánica de un perfil de un suelo correspondiente al horizonte orgánico A. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley-Black (Walkley-Black, 1934). El porcentaje de materia orgánica total de este suelo fue de 22.58%. La conductividad eléctrica del extracto de saturación 1:2.5 fue de 1.15 mS . cm<sup>-1</sup> a 25°C .

Para las disoluciones salinas se empleó cloruro sódico con pureza del 99.45%.

La magnetización del agua se realizó recirculando agua en un circuito cerrado en el que se instalaron 6 baterías magnéticas suministradas por CALCAT, S.L. El equipo está formado por una tubería de polietileno con diámetro interno de 19 milímetros y 30 metros de longitud, adoptando forma helicoidal. El agua se introdujo en el circuito de forma manual a través de piezómetros y es movida por una bomba centrífuga de impulsor radial accionada eléctricamente. La recirculación del agua se hizo en un circuito cerrado para evitar intercambio de oxígeno con la atmósfera.

En los dos ensayos, las repeticiones se pesaron diariamente a la misma hora durante 2 semanas. Al finalizar cada ensayo se determinó la conductividad eléctrica de cada disolución.

Para todas las repeticiones se determinó la variación de la humedad de los sustratos empleando el método gravimétrico (Reynolds, 1970). El porcentaje de humedad se determina matemáticamente por la siguiente expresión:

$$HS = \frac{S_h - S_s}{S_s} \cdot 100$$

Donde:

HS : Humedad del suelo expresado en porcentaje.

S<sub>h</sub> : Peso de la muestra húmeda.

S<sub>s</sub> : Peso de la muestra seca en estufa a 105 °C.

## Resultados y Discusión

### Ensayo 1 – Suelo arcilloso

La figura 1 indica la variación promedia diaria de la humedad en las muestras de suelo arcilloso. Se observa que la humedad de las muestras de suelo de los diferentes tratamientos decrece con la misma tendencia. La mayor pérdida de humedad de las muestras señala una mayor evaporación

El análisis de varianza Anova presenta diferencias significativas ( $p=0.0363$ ) entre los promedios de los tratamientos. Al aplicar el test de Dunnett se encontraron diferencias significativas entre el control ( $C_1$ ) y los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$ . El tratamiento  $T_2$  presentó 9% menos evaporación que el control ( $C_1$ ). La aplicación del test de Student no mostró diferencias significativas entre el tratamiento ( $T_2$ ) correspondiente a 60 minutos de magnetización y el tratamiento ( $T_3$ ), disolución salina 0.1M.

### Ensayo 2 – Suelo orgánico

En la figura 2 se muestra la variación diaria de la humedad promedia en la muestra de suelo orgánico. De la misma forma que en el ensayo 1 se observa que la humedad de las muestras de suelo de los diferentes tratamientos decrece con la misma tendencia, aunque se resalta que la pérdida de humedad se produce a una tasa mayor que en el ensayo 1, debido a la capacidad hidrófoba de la materia orgánica.

Aunque se presentaron pequeñas diferencias entre los tratamientos y el control, el análisis de varianza Anova señala que éstas diferencias no son estadísticamente significativas. El análisis de los resultados indica que para el suelo orgánico humedecido con la disolución salina 4M ( $T_3$ ), se presentó la menor pérdida de humedad y que las diferencias entre el control  $C_1$  y los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  fueron insignificantes. La aplicación del test de Dunnett no mostró diferencias entre los tratamientos, lo cual se confirmó al aplicar el test de Student.

Los resultados de ambos ensayos indican que se presentan diferencias significativas entre

los tratamientos para el ensayo 1. Para el ensayo 2 se presentan diferencias, pero éstas no son significativas. Los resultados anteriores indican que la evaporación de un suelo arcilloso, humedecido con agua destilada expuesta a un tratamiento dinámico de magnetización durante 60 minutos presenta diferencias frente a un control y que en el caso de un suelo orgánico a pesar de presentarse éstas diferencias, la magnitud no alcanza a presentar resultados significativos estadísticamente.

## Conclusiones

Para el ensayo con suelo arcilloso se encontraron diferencias significativas entre la evaporación de los tratamientos humedecidos con agua expuesta a un campo magnético durante 60 minutos y el control. Las diferencias mostradas indican que la evaporación de un suelo arcilloso que fue humedecida con el agua tratada magnéticamente  $T_2$ , presentó un 9% menos de evaporación que el control  $C_1$ .

Analizando la pérdida de humedad diaria del control  $C_1$  y el tratamiento  $T_2$  se puede observar que la mayor diferencia de la evaporación se presentó en los dos primeros días del ensayo. Este resultado concuerda con resultados encontrados en la revisión bibliográfica que indican disminución de la influencia del tratamiento magnético con el tiempo.

La menor pérdida de humedad presentada por el suelo humedecido con la disolución salina 4M, se debe a la influencia de la sal y a la capacidad que tiene ésta para retener la humedad, produciendo por lo tanto una menor pérdida de humedad. Es importante resaltar que los suelos humedecidos con agua expuesta al tratamiento magnético alcanzaron a incrementar la capacidad de retener el agua igual a los humedecidos con la disolución salina 0.1M.

Para el ensayo con suelo orgánico se presentaron diferencias mínimas entre los tratamientos que no son estadísticamente significativas.

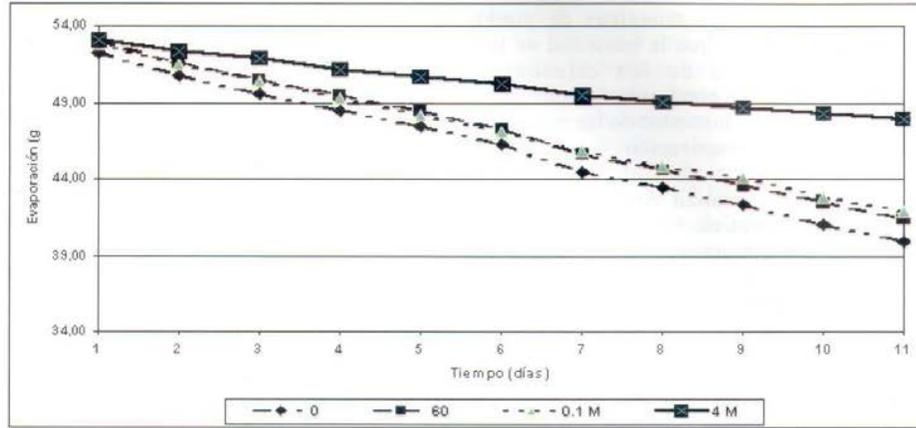


Figura 1. Variación de la humedad en suelo arcillosos

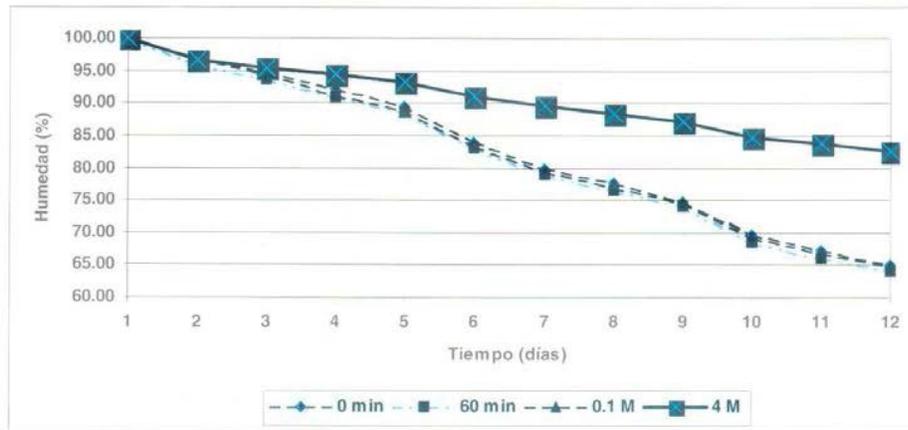


Figura 2. Variación de la Humedad en un Suelo Orgánico

## Bibliografía

1. **Anderson, M. S. 1926.** Properties of soil colloidal material. U. S. Department agricultural Bulletin. 1452.
2. **Baver, L.D.; Gardner, W. H.; Gardner, W. R. 1991.** Física de suelos. Editorial Limusa S. A. Mexico.
3. **Bondarenko, N. F.; Rokhinson, E. E.; Gak, E. Z.; Klygina, L. F. 1996.** Magnetic equipment in agriculture. Russian Agricultural Sciences. 2, 30 – 34.
4. **Brown, R.W.; Oosterhuis, D.M. 1992.** Measuring plant and soil water potentials with thermocouple psychrometers: some concerns. Agronomy Journal. 84, 78-85.
5. **Busch, W.K; Busch, M. A. 1997.** Laboratory studies on magnetic water treatment and their relationship to a possible mechanism for scale reduction. Desalination. 109, 131-148.
6. **Carbonell, M. V.; Martínez, E. 1996.** Estudio de la solubilidad de diferentes compuestos en agua imantada. Revista Química e Industria. Vol. 43 (10),21-23.
7. **Danilov, V.; Bas, T.; Entes, M.; Rizalkulyeva, A. 1994.** Artificial magnetic field effect on yield and quality of tomatoes. Acta horticulturae. 366, 279 -285.
8. **Del Gindice, E.; Preparata, G.; Vitiello, G. Phys. 1988.** Rev. Lett.61:1085-1088.
9. **Dirksen, C. 1999.** Soil physics measurements. Geocology paperback. Catena Verlag.
10. **Fairbridge, Rh. W.; Finkl, CH. W. 1979.** The encyclopedia of soil science. Part 1. Dowden Hutchinson and ross, Inc.
11. **Gonet, B. 1985.** Influence of constant magnetic fields on certain physiochemical properties of water. Bioelectromagnetics 6, 169-175
12. **Harari, M. 1989.** Growing meskmelon with magnetically treated water. Water irrigation Review 9 (1).
13. **Janert, H. 1934.** The applications of heat of wetting measurements to soil research problems. Journal physics chemistry. 36, 2217 – 2258.
14. **Low, P.F. 1961.** Physical chemistry of clay - water interactions. Advanced agronomy. 13, 269 – 327.
15. **Markov, M.S.; Jordana, Pl.; Parlova, E.R. 1976.** Vth National Conference of Plant Physiology. Sofia.
16. **Pauling, L. 1948.** General Chemistry. Freeman, San Francisco.
17. **Porfirev, N. P.; Laptev, V. N. 1987.** Root system development and productivity in watermelons irrigated with magnetised water. Referativnyi Zhurnal. 9.
18. **Reynolds, S. G. 1970.** The gravimetric method of soil moisture determination. Part I. A study of equipment and methodological problems. J. of Hydrology, 11: 258-273.
19. **Robinson, G. W. 1960.** Los suelos, su origen constitución y clasificación Introducción a la Edafología. Traducido por Amoros, J. L. Ediciones omega. Barcelona.
20. **Sanchez, F. I.; Sanchez, S. C. 1986.** El agua y el medio físico del suelo. Temas monográficos. Centro de Edafología y biología aplicada. C.S.I.C. Salamanca.
21. **Shumakov, B.B.; Bagnenko, V.K.; Dudakov, N.K. 1989.** Irrigation of fodder crops with mineralised water. Russian Agricultural Sciences. 4, 13-14.
22. **Srivastava, S.C.; Lai, B.B. 1978.** Study of the increase of salt solubility and pH in magnetised water. Inst. Eng. (I) Journal. 22-24.
23. **Urbano, P. 1995.** Tratado de fitotecnía general. Mundi-Prensa libros, S.A.
24. **Walkley, A.; Black, I. A. 1934.** An examination of the Dejtjareff method for determining soil organics matter and a proposed modification of the cromic acid trititation method. Soil Sci. 37: 29-38.
25. **Wild, A. 1992.** Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Ediciones Mundi-Prensa.
26. **Winterkorn, H.F; Fang, H. 1975.** Soil technology and engineering properties of soils. Foundation Engineering handbook. New York: Van Nostrand Reinhold.
27. **Yakovlev, N.P.; Kolobenkou, K.I. 1976.** Irrigation with magnetized water and the yield experiments with Cereals and Vegetables. Rev: VESTN. 101-107.
28. **Yakovlev, N.P.; ET AL. 1985.** Irrigation with water an yield experiments with cereals and vegetables. II Congreso de hidrotecnía e irrigación. 101 –107.
29. **Zolataveva, A. 1986.** Change and fields effects in biosystems. Edited by P.N.R. Usherwood. Abacus Press.