

Comunicación corta

DISMINUCIÓN DE LA EVAPORACIÓN DEL AGUA DESDE SUPERFICIES LIBRES UTILIZANDO COMO RETARDADOR EL ALCOHOL ESTEARÍLICO

R. Polón[✉], L. Alfonso, M. A. Ramírez, O. Ledea, J. M. Dell'Amico, D. Morales y R. Morejón

ABSTRACT. The experiment was developed under semicontrolled conditions in *Los Palacios* Rice Research Station for three years (2005-2007) applying a randomized complete experimental design, two treatments and five replicates. The study consisted of using a water evaporation retardant (stearilic alcohol) making a monolayer on the free water surface, which prevented big water losses by evaporation; the treatment with retardant reduced losses up to $14.97 \text{ mg}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$, whereas the treatment without it reached the biggest water losses: $30.27 \text{ mg}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$; thus, the retardant is very effective, since its application proved to reduce significantly water losses.

Key words: evaporation, water, losses, alcohols

RESUMEN. El experimento se desarrolló en la Estación Experimental del Arroz Los Palacios durante tres años (2005-2007) en condiciones semicontroladas, con un diseño experimental completamente aleatorizado, dos tratamientos y cinco réplicas. El estudio consistió en utilizar un retardador de la evaporación del agua (alcohol estearílico) para formar una monocapa sobre la superficie libre del líquido, que impedía grandes pérdidas de agua por evaporación; en el tratamiento que se aplicó el producto retardador, se redujeron las pérdidas a $14.97 \text{ mg}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$, mientras que en el tratamiento que no se suministró el retardador, se alcanzó el mayor valor de pérdidas de agua por evaporación: $30.27 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$; por tanto, se pudo comprobar que el uso del retardador redujo significativamente las pérdidas de agua, lo que refleja la eficiencia del producto empleado.

Palabras clave: evaporación, agua, pérdidas, alcoholes

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos más importantes e interesantes que existe en la naturaleza, siendo el único que en condiciones ambientales suele presentarse en los tres estados físicos. Además, es muy importante para todas las funciones biológicas de los seres vivos, entre ellos el hombre; ella también es fundamental para la existencia y el desarrollo social, especialmente la agricultura, de la cual depende todo el sustento que la humanidad obtiene de la tierra. Es por ello que existe una preocupación grande por disminuir la velocidad de evaporación del agua, especialmente en tiempo de sequía.

El país cuenta con una superficie de agua embalsada de unos 160 millones ha (1), lo que representa una extensa superficie evaporante anual, motivando grandes pérdidas del preciado líquido, por lo que este producto

retardador podría contribuir de forma significativa a disminuir la evaporación del agua desde los embalses, permitiendo una mayor disponibilidad de agua para garantizar las siembras de arroz en el país, fundamentalmente en el período poco lluvioso (campaña de frío).

La disminución de la velocidad de evaporación del agua contenida en recipientes, embalses, etc., puede basarse en la aplicación de medios físico-químicos (2, 3) y también por vía físico-química, como ocurre cuando se esparce una fina película de un material insoluble en la superficie del líquido.

Esta última técnica es conocida desde hace muchos años, por lo que después de numerosas experiencias y estudios realizados, se puede concluir que:

- a) se puede formar fácilmente una película monomolecular de sustancias que rebajan efectivamente la velocidad de evaporación del agua
- b) entre las sustancias más efectivas se encuentran los alcoholes superiores y ácidos grasos
- c) es conveniente dispersar la sustancia activa de una forma adecuada.

En la literatura especializada se han informado diversos trabajos sobre la aplicación de las sustancias antes mencionadas, retardadoras de la velocidad de evaporación del agua, tanto en recipientes pequeños como em-

Dr.C. R. Polón, Investigador Auxiliar, Ms.C. M. A. Ramírez y Ms.C. R. Morejón, Investigadores Agregados de la Estación Experimental Los Palacios; Dr.C. J. M. Dell'Amico y Dr.C. D. Morales, Investigadores Titulares del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana; Dr.C. L. Alfonso y Dr.C. O. Ledea, Investigadores Titulares del departamento de Química del Agua, Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CENIC), La Habana, Cuba.

✉ polon@inca.edu.cu

balses, lagos, etc. (2, 3), enfatizándose siempre lo absolutamente indispensable que resulta el estudio previo, a nivel de laboratorio, de las posibles formulaciones retardadoras de la evaporación antes de realizar cualquier intento de evaluación a una escala mayor (4, 5).

Las películas que se forman a partir de ácidos grasos y alcoholes superiores (que contienen unas cadenas carbonadas C_{16} – C_{32} que en mayor o menor grado tienen la propiedad de disminuir la evaporación del agua) son capas monomoleculares sobre la superficie del agua, que pueden rebajar la evaporación entre un 10 y 50 %, aunque existen informes de la literatura que plantean valores superiores (3).

El objetivo del presente trabajo fue demostrar la eficiencia de un producto retardador en la disminución de la evaporación desde una superficie libre de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se condujo en la Estación Experimental del Arroz Los Palacios desde el 2005 hasta 2007, en 10 recipientes de vidrio delgado de 65 cm^2 de superficie, con una altura de 15 cm, a los que se les añadió el retardador (r) pulverizado en una cuantía de 1.0 mg en la superficie del agua por cada recipiente en el ensayo.

La velocidad de evaporación del agua se determinó gravimétricamente a partir de las pérdidas de peso (ΔP) en el transcurso del tiempo (ΔT) de volúmenes de agua (150 mL) contenida en los recipientes circulares de vidrio delgado.

Las mediciones se realizaron desde las 8:00 a.m. hasta las 5:00 p.m., con un intervalo de dos horas entre mediciones, de lunes a viernes de cada semana; las condiciones escogidas en los días de mediciones fueron las existentes fuera del laboratorio, es decir, al aire libre. A cada recipiente se le suministró un volumen de agua de 170 mL con una probeta graduada en mililitros.

Preparación del retardador. La preparación del retardador (aducto de urea) se realizó a partir de mezclar tres partes (peso) de urea de procedencia industrial (granulada) y una sustancia activa (ácido esteárico), obteniéndose el retardador de forma triboquímica (relación 3:1 en peso), utilizando mortero de laboratorio. Las muestras con retardador fueron preparadas al dejar caer pulverizado aproximadamente 1.0 mg sobre la superficie del líquido.

Tratamientos utilizados:

T_1 . Con el retardador de la evaporación del agua a partir del alcohol estearílico

T_2 . Sin el retardador de la evaporación del agua a partir de agua destilada (testigo).

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con dos tratamientos y cinco réplicas. Los datos fueron procesados a partir de análisis de varianza simple, comparándose las medias de tratamientos cuando existieron diferencias significativas a través de la T-Student.

La velocidad de evaporación del agua con el retardador y sin él, se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$V = \Delta P / \Delta T \cdot A \times 100$$

donde:

V- velocidad de evaporación del agua ($\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)

ΔP - diferencia de peso de los recipientes

ΔT - diferencia de tiempo entre cada medición

A- superficie del recipiente de vidrio (cm^2) al que se aplicó 150 mL de agua destilada

La eficiencia del retardador se calculó por la fórmula conocida:

$$\% Er = V_o - V_r / V_o \times 100$$

donde:

% Er- eficiencia del retardador

V_o - velocidad de evaporación de la muestra sin el retardador

V_r - velocidad de evaporación de la muestra con el retardador.

El producto retardador de la evaporación del agua se renueva en los recipientes cada tres días, diariamente se repone el volumen de agua perdida por evaporación y se lleva al volumen inicial de los 150 mL, es decir, se reponen las pérdidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El alcohol esteárico es un polvo blanco sólido fino, que al caer en el agua se libera inmediatamente de la envoltura de la urea, quedando las moléculas individuales de la sustancia activa, que forma enseguida una película monomolecular sobre la superficie del agua. Se conoce que una película monomolecular de algunas sustancias sobre la superficie del agua disminuye la velocidad de evaporación; se ha informado que el alcohol cetílico y el ácido esteárico son buenos retardadores, al ser esparcidos mediante una solución de benceno, queroseno o alcohol cetílico sobre la superficie del agua (2, 3, 4). Estos resultados fueron corroborados en esta investigación, al aplicarse el alcohol estearílico en la superficie libre del agua contenida en los recipientes; también redujo de forma significativa ($p \leq 0.05$) las pérdidas de agua por evaporación, lo cual se refleja en la Tabla I.

Tabla I. Comportamiento estadístico de la velocidad de evaporación del agua con la presencia del retardador y sin él. Prueba T-Student (95 %)

Año	Medias	Varianza	Significación
Alcohol estearílico			
2005	V_r 14.5	2.63	b
	V_o 30.5	5.72	a
2006	V_r 15.16	4.33	b
	V_o 30.0	4.72	a
2007	V_r 15.25	4.02	b
	V_o 30.33	4.06	a

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según Dócima de Rango Múltiple de Duncan

En esta tabla se aprecia el comportamiento estadístico de la velocidad de evaporación del agua cuando se utiliza el retardador (V_r) y cuando no se utiliza (V_o), reflejado en el comportamiento de las medias, varianzas y el

nivel de significación; como se puede observar en todos los años estudiados, los de menores medias y varianzas le correspondieron al tratamiento en que se utilizó el producto retardador de la evaporación del agua, lo cual demuestra la eficiencia del uso de dicho producto, reduciendo significativamente ($p \leq 0.05$) la velocidad de evaporación del preciado líquido y todo lo contrario le correspondió al tratamiento en que no se usó el retardador, en donde las pérdidas de agua por evaporación fueron prácticamente el doble durante los tres años de duración del trabajo, con los peores valores de pérdidas de agua respecto a cuando se hizo uso del producto retardador. Resultados similares fueron presentados en relación con la disminución de la evaporación del agua utilizando retardadores (5, 6, 7).

En la Figura 1 se refleja el comportamiento de las pérdidas de agua por evaporación, con el uso del retardador de la evaporación (alcohol estearílico) y sin él; durante los tres años en que se desarrolló el experimento, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, siendo el mejor al que se le aplicó el retardador en la superficie libre del agua y el peor al que no se le aplicó el retardador (testigo).

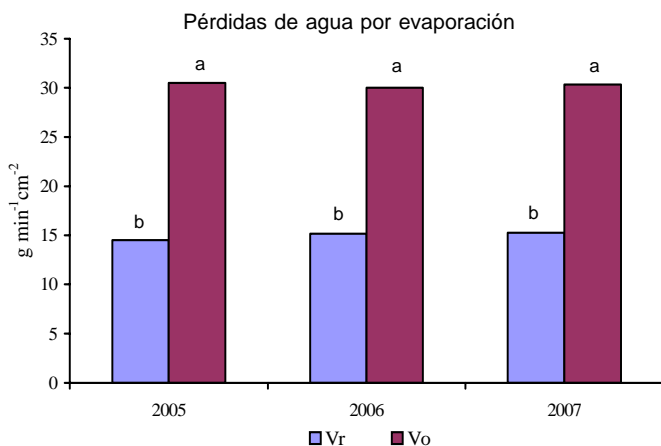


Figura 1. Pérdidas de agua por evaporación con Vr y Vo

Este resultado coincide con diferentes instituciones científicas que han abordado esta problemática (7, 8, 9); al testigo le correspondieron las mayores pérdidas de agua con un valor de $30.27 \text{ mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$, mientras que el tratamiento que contenía el alcohol estearílico como represor de la evaporación alcanzó el valor más bajo con $14.97 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$, el cual se atribuye entre otras causas a la capa monomolecular que se crea en la superficie del agua y la cadena lineal de 16-18 átomos de carbono en su constitución dándole esta característica, impidiendo las pérdidas de agua desde la superficie del líquido (10, 11, 12); con el retardador se pierde dos veces y media menos agua que sin él, para las condiciones locales de clima imperante en el lugar donde se desarrolló el trabajo, corroborando una vez más su alta eficiencia como producto retardador de la evaporación del agua desde superficies libres de agua, aunque de forma general, la literatura especializada en estos estudios plantea que al

aplicar retardadores de evaporación del agua en la superficie libre o espejo de agua, siempre las pérdidas de agua fueron mucho menores (11, 13, 14), coincidiendo con lo encontrado en este trabajo y ratificando su propiedad retardadora de la evaporación del agua.

En cuanto a la eficiencia del producto utilizado como retardador de la evaporación del agua, en este caso, el alcohol estearílico, mostró ser alta en un rango que osciló entre 72 y 76 %; estos resultados se encuentran en el rango planteado por algunos (5, 6) al informar valores entre 52 y 76 %, por lo que los resultados de esta investigación corroboran los encontrados anteriormente.

A modo de conclusión, se puede aseverar después de tres años de estudios comparando las pérdidas de agua por evaporación, utilizando el alcohol estearílico como retardador de la evaporación del agua, que al esparcirlo sobre la superficie líquida reduce de forma significativa e importante las pérdidas del preciado líquido como vapor de agua a la atmósfera.

REFERENCIAS

1. INRH. Actualización de los recursos hídricos del país. 2006, p.3.
2. Rocha, E y Da silva, M. Utilización de materiales flotantes en el control de la evaporación del agua en condiciones semi-áridas del trópico. *Pesq. Agrop. Bras.*, 2007, vol.1, p.1.
3. Velasco-Melena, H. y Rodríguez, A. El uso de retardadores de evaporación sobre superficies de agua libre. Dpto. de Suelos e Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (México). 1982, p.32.
4. Alfonso, L. M. *et al.* Pat. Cuba. Procedimiento para la obtención de productos retardadores de la evaporación del agua en depósitos abiertos. 2005.
5. Finn, B. y Barnes, J. Methods for reducing evaporation from storages used for urban Water Supplies. 2005, p.6.
6. Wixson, B. G. Studies on the ecological impact of evaporation retardation monolayers. *E-Journal AWWA. American Water Works Association*, 2005, vol. 95. no. 7. p.2.
7. Hatfiel, J. L. Insoluble monolayers at liquid-gas interfaces. *Soil Science Society of American Journal*, 2006, p.2.
8. Bastos, T. X., Denich, M. Reduction in the rate of evaporation. *Journal of Hydrology*, 2006, vol. 201, p. 1-2.
9. Bueston, I., Bkbarzadeh, A. Evaporation reduction from open water storage. *E-Journal AWWA. American Water Works Association*, 2006, vol. 93, no. 5, p.3.
10. Jones, F. Evaporation of water with emphasis on applications and measurements. *Journal Technology, Water Saver, Water Evaporation Retardant*, 2005, p.1-3.
11. Varma, C. Manual on evaporation and its restriction from free water surfaces. *Journal Technology. Water Saver, Water Evaporation Retardant*, 2004, p.1-2.
12. Witting, C. Hydrotect. *Journal Technology. Water Saver, Water Evaporation Retardant*. 2005, p.1-3.
13. *Journal Technology. Water Saver. Water Evaporation Retardant*, 2006, p.1-2.
14. *Journal Technology. Water Saver. Water Evaporation Retardant*, 2007, p. 1-4.

Recibido: 21 de febrero de 2008

Aceptado: 8 de enero de 2009