

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON HUMUS LÍQUIDO DE LOMBRIZ DURANTE EL AVIVERAMIENTO DE LA MORERA (*Morus alba* L.)

Jorge A. Borges<sup>1</sup>, Mariana Barrios<sup>1</sup>, Argenis Chávez<sup>2</sup> y Romelio Avendaño<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización foliar con humus líquido (HL) de lombriz roja californiana durante el aviveramiento de la morera, empleándose plantas desarrolladas a partir de estacas en bolsas de polietileno y separadas por tratamientos equivalentes a concentraciones del 0, 10, 25 y 50 % HL, asperjadas foliarmente cada 7 y 15 días, lo cual resultó, respectivamente, en un total de 5 y 3 aplicaciones durante el ensayo. Las aplicaciones se realizaron a partir de los 15 días de brotadas las estacas y se constituyó un ensayo con arreglo factorial 4x2 con 10 repeticiones para un total de 80 plantas. A los 60 días se evaluó en cada planta el número de hojas totales (HT) y hojas por rama (HR), el peso fresco (PFH), seco (PSH) y materia seca (MSH) de hojas, la longitud (LR) y diámetro (DR) de ramas, y el peso fresco (PFR), seco (PSR) y materia seca (MSR) de raíces. Los resultados fueron procesados mediante análisis de componentes principales, encontrándose que el PFH, PSH, LR, PFR y PSR respondieron eficientemente a la fertilización agrupándose en el CP1 (0,42), mientras que DR, MSH y MSR se disociaron del resto de las variables y conformaron el CP2 (0,26). Se aplicó un análisis de varianza y separación de medias por LSD Fisher, resultando que la concentración de HL al 50 % favoreció significativamente el incremento del PFH (39,9 g), PSH (9 g) y LR (37,2 cm), y al aplicarlo cada 7 días aumentó el PFR (7,8 g) y PSR (1,1 g). Se concluye que el humus líquido actúa como un promotor de crecimiento durante el aviveramiento de la morera, permitiendo disponer de plantas acondicionadas orgánicamente para favorecer su adaptación y desempeño productivo al trasplantarse a campo.

**Palabras clave adicionales:** Estacas, fertilización orgánica, forraje, promotor de crecimiento

## ABSTRACT

### Effect of foliar fertilization with worm liquid humus during mulberry nursery

The effect of foliar fertilization with liquid humus (HL) of Californian red worm was evaluated during mulberry plant nursery, using plants from cuttings, planted in polythene bags and separated by equivalent concentrations of the treatments 0, 10, 25 and 50 % HL, foliar sprayed every 7 or 15 days (5 or 3 sprays during the trial, respectively). Applications started 15 days after cutting sprout, and the trial was conducted as a 4x2 factorial experiment with 10 repetitions (80 plants). At day 60, the total dry leaves (HT) and leaves per branch (HR), the fresh weight (PFH), dry weight (PSH) and dry matter (MSH) of leaves, the length (LR) and diameter (DR) of branches, and the fresh weight (PFR), dry weight (PSR) and dry matter of roots (MSR) were evaluated per plant. The data were processed using principal component analysis, and it was found that the PFH, PSH, LR, PFR and PSR efficiently responded to fertilization grouped at CP1 (0.42), while DR, MSH and MSR were dissociated from the rest of variables and conformed the CP2 (0.26). An analysis of variance and mean separation by Fisher LSD was applied, resulting that the concentration of 50 % HL increased significantly the PFH (39.9 g), PSH (9 g) and LR (37.2 cm), while the applications every 7 days increased the PFR (7.8 g) and PSR (1.1 g). It is concluded that the liquid humus acts as a growth promoter during mulberry plant nursery, thus favoring the plant adaptation and production performance when transplanted to the field.

**Additional key words:** Cuttings, organic fertilization, forage, growth promoter

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de especies con potencial para la alimentación animal en los países de América Latina, ha llevado al estudio de las leñosas nativas e introducidas no utilizadas de forma

convencional en los sistemas de producción en el trópico (Medina et al., 2009). En Venezuela, las condiciones tropicales permiten el cultivo de pasturas durante todo el año, aunque esas mismas condiciones han influido en la degradación nutricional de los suelos donde estas se cultivan,

Recibido: Mayo 13, 2014

Aceptado: Agosto 29, 2014

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-CIAE Yaracuy. Venezuela. e-mail: jborges@inia.gob.ve

<sup>2</sup> Instituto Universitario de Tecnología de Yaracuy. San Felipe, Venezuela.

determinando una deficiente oferta forrajera en términos de calidad, que debe ser complementada mediante alternativas viables, como el empleo de recursos forrajeros locales.

Una de las opciones existentes es la morera (*Morus alba*), la cual se considera como una verdadera planta multipropósito, que ha recibido poca atención con respecto a su potencial aun cuando está distribuida ampliamente alrededor del mundo (Medina, 2009). La morera es una de estas especies forrajeras, la cual muestra excelentes características de palatabilidad y consumo tanto en ganado bovino como caprino, además de presentar una gran versatilidad agronómica y excelentes rendimientos de biomasa y calidad nutritiva (Boschini et al., 2000; Elizondo, 2007).

En esta especie, el método fundamental de propagación es asexual, mediante estacas, el cual constituye una forma fácil y rápida de conservar las características de la planta madre (Sánchez, 2002). La propagación a nivel de vivero se inicia con el plantado de estacas en sustratos con alto contenido de materia orgánica, como compostajes, que constituyen una fuente de nutrientes de liberación lenta, favorable para los requerimientos de la planta (Chaoui et al., 2003).

A fines de propiciar un rápido desarrollo de estas plantas durante la etapa de aviveramiento, se ha planteado suplementar sus requerimientos nutricionales mediante el uso de fuentes orgánicas de nutrientes por aspersión foliar, basados en el hecho que la hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos. En tal sentido, Jyung y Wittwer, 1964) encontraron que las plantas y hojas jóvenes son las que tienen mayor capacidad de absorción de nutrimentos con respecto a hojas más viejas.

Por tal motivo, el presente trabajo ha sido realizado como un aporte para el manejo agroecológico de esta especie en el país, evaluando el efecto de la fertilización foliar orgánica con humus líquido de lombriz (*Eisenia foetida*) sobre variables vegetativas de la morera durante la etapa inicial de crecimiento en vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Yaracuy (INIA), Planta Sede, zona caracterizada como

bosque seco tropical según la clasificación de Holdridge (1967) y ubicada dentro de las coordenadas geográficas 10°17' N y 68°45' W, a una altitud de 254 msnm.

Las estacas fueron extraídas del banco de forrajes del Laboratorio Social Yumare, adscrito al INIA-Yaracuy, donde se lleva a cabo la producción de especies forrajeras con enfoque orgánico. Se recolectaron un total de 400 estacas, cada una con 4 yemas y aproximadamente con 25 cm de longitud, las cuales fueron plantadas en bolsas de polietileno, llenadas con una mezcla de arena y suelo franco arcilloso, en proporción 1:1, ubicadas en un cantero al aire libre. Luego de 15 días, momento en que se alcanzó un 84 % de yemas brotadas y había evidente emisión foliar, se procedió a realizar la aplicación de aspersiones foliares con los siguientes tratamientos: T1= agua destilada (testigo), T2= humus líquido al 10 %, T3= humus líquido al 25 %, y T4= humus líquido al 50 %.

El humus fue obtenido mediante la crianza de lombrices en recipientes diseñados para la recolección y reciclaje del efluente, meses previos al comienzo del ensayo. La caracterización química del humus se describe en el Cuadro 1.

Las aspersiones se realizaron entre las 7:30 y 8:30 am, empleando un rociador para cada tratamiento. Para las frecuencias de aplicación las plantas se separaron en dos grupos: un grupo recibió aspersiones cada 7 días y el otro cada 15 días. Estas aplicaciones se realizaron durante un periodo de 30 días, por lo que al final resultó en un total de cinco aspersiones para las plantas del primer grupo y 3 aspersiones para las del segundo.

**Cuadro 1.** Caracterización química del humus líquido empleado como fuente de fertilizante foliar

pH	8,03
Conductividad eléctrica (dS·m <sup>-1</sup> )	2,23
Macroelementos (%)	
Nitrógeno	0,10
Fósforo	-
Potasio	0,05
Calcio	-
Magnesio	-
Microelementos (mg·kg <sup>-1</sup> )	
Hierro	4,75
Cobre	0,20
Zinc	-
Manganeso	-

A los siete días posteriores a la última aspersión, se procedió a realizar las evaluaciones pertinentes, para lo cual se seleccionaron 10 plantas al azar de cada tratamiento y frecuencia, para una población total de 80 plantas evaluadas (una planta por unidad experimental). Se evaluó el número de hojas totales y por rama, y se midió la longitud y grosor de las ramas. Luego se colectó todo el follaje y el sistema radical exento de sustrato (previo lavado), los cuales fueron llevados al laboratorio donde se pesaron en una balanza digital con precisión de 0,01 g y se sometieron a deshidratación en una estufa de ventilación forzada a 65 °C durante 48 horas según metodología descrita por FONAIAP (1999), lo cual permitió conocer el peso seco y calcular el porcentaje de materia seca.

El diseño del experimento correspondió a un ensayo completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (cuatro tratamientos foliares y dos frecuencias de aplicación) con 10 repeticiones. Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística multivariada, aplicando el análisis de componentes principales para evaluar las variables o grupos de variables que mejor respondieron a los factores estudiados. Posteriormente se aplicó un análisis de varianza y separación de medias por el método de LSD Fisher utilizando el programa estadístico InfoStat v.2.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las componentes principales CP1, CP2 y CP3 acumularon el 84 % de la varianza, de los cuales al CP1 le correspondió una proporción de 0,42 (Cuadro 2). Se observa a través de la matriz generada que existió un agrupamiento en el CP1 del 50 % de las variables analizadas (5 del total de 10) que mejor respondieron a los factores estudiados. Estas variables (las de mayor valoración dentro del CP1) fueron el peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de raíces, y longitud de ramas, las cuales podrían definirse como variables indicadoras de vigorosidad en estas plantas, cuya respuesta positiva a la fertilización inicial permitiría garantizar su adaptación y desempeño productivo en el campo.

En el CP2, se observa un comportamiento inversamente proporcional entre las materia seca acumulada en hojas y raíces (-0,84 vs. 0,90), lo cual permite inferir que ambas variables no

respondieron de igual manera a la fertilización foliar. Por su parte, la materia seca acumulada en raíces estuvo relacionada al diámetro de las ramas, lo que puede indicar que estas dos variables respondieron a los asimilados absorbidos desde el suelo por las raíces formadas durante el tiempo de la prueba (60 días). De acuerdo a lo señalado por Pentón et al. (2007), las plantas de morera inician su proceso de crecimiento activando una acumulación de nutrientes en los puntos de emisión de los brotes, luego se engrosa la fracción emitida, y posteriormente, garantizada una cantidad de reservas en el órgano nuevo, se dirigen los productos de la asimilación en función de otros procesos vegetativos. Este señalamiento contribuye a sustentar nuestros resultados.

**Cuadro 2.** Matriz de factores de peso entre las componentes principales (CP) y las variables evaluadas en las plantas de morera

Variabes	CP1	CP2	CP3
Hojas totales	-0,25	0,09	-0,82
Hojas por rama	0,04	0,23	-0,66
Peso fresco hojas	0,90	0,39	-0,10
Peso seco hojas	0,96	-0,22	0,04
Materia seca hojas	-0,19	-0,84	0,36
Longitud ramas	0,82	-0,31	0,19
Diámetro ramas	0,10	0,80	0,40
Peso fresco raíces	0,89	-0,24	-0,21
Peso seco raíces	0,93	0,01	-0,11
Materia seca raíces	0,10	0,90	0,31
Proporción de cada CP	0,42	0,26	0,16
Proporción acumulada: 0,84 ; correlación cofenética: 1,00			

Las variables agrupadas en el CP3 (Cuadro 2) se comportaron de forma independiente a las dosis y frecuencias de aplicación de nutrientes, lo que permite inferir que la producción de hojas totales (valoración de -0,82) es uno de los fenómenos fisiológicos que puede estar mayormente relacionado con el estatus nutricional de las semillas (estacas en este caso) y las propias características genéticas de la variedad, tal como lo señalan Espinoza y Benavides (1998).

El análisis de varianza de los datos no reveló interacción entre la concentración de humus y la frecuencia de aplicación, lo cual permite suponer que ambos factores respondieron de forma independiente.

En el Cuadro 3 se puede apreciar la respuesta de las variables vegetativas de la morera a las concentraciones de humus líquido suministradas,

observándose que el peso de las hojas, tanto fresco como seco, aumentó considerablemente en función de la concentración de humus aplicado, siendo estadísticamente mayor en las plantas donde se aplicó concentrado al 50 %. Esta misma respuesta pudo observarse para la longitud de las ramas, cuyo comportamiento fue altamente significativo al alcanzar un valor promedio de 37,2 cm, destacándose muy por encima de la concentración antecedente. Este valor resulta superior al reportado por Medina et al. (2007), quienes señalan una longitud máxima de 16,7 cm en las ramas a las 8 semanas de evaluación (aproximadamente 60 días) en plantas de morera aviveradas con un 30 % de estiércol bovino mezclado en el sustrato. Sin embargo, este efecto también puede atribuirse a la asimilación de nutrientes por efecto de la variedad empleada, como lo corrobora Noda et al. (2004), quienes al evaluar esta variable en cuatro variedades de morera encontraron diferencias entre ellas, con un promedio de 32,02 cm a los 49 días de plantadas.

La materia seca acumulada en hojas fue mayor en las plantas donde se aplicó el humus a una concentración del 25 %, lográndose un incremento significativo; sin embargo, su comportamiento como variable no parece haber respondido directamente a esta concentración del humus, sino más bien por estar asociado a la asimilación de

nutrientes a través del sistema radical de la planta. En un trabajo realizado por Elizondo (2007) se encontró un promedio del 22,6 % de masa seca en hojas al aplicar fuentes orgánicas como humus de lombriz y compostaje a nivel del sustrato; este valor, al ser similar a los encontrados en el testigo y tratamientos al 10 y 50 %, pareciera indicar que la suplencia de nutrimentos mediante fertilizantes de origen orgánico promueven la formación y acumulación de materia seca en el follaje de las plantas, en concordancia con lo expresado por Borges et al. (2012).

Los valores promedio encontrados para el diámetro de ramas y número de hojas por ramas fueron similares a los reportados por Medina et al. (2007), sin la aplicación de fertilizantes.

Lira (1994) señala que parte de los efectos positivos notados en la biomasa aérea de las plantas que han sido fertilizadas con humus puede deberse a la suplencia de macro y micronutrientes, como el potasio, hierro y cobre, los cuales contribuyen directamente en procesos del desarrollo del vegetal. Sin embargo, debido a la baja concentración de éstos en el humus empleado en este trabajo (Cuadro 1), el efecto observado podría atribuirse con lo expresado por Havlin et al. (1999) en lo referente a la rápida absorción y asimilación de los nutrimentos aplicados mediante aspersión foliar.

**Cuadro 3.** Efecto de la concentración de aplicación foliar de humus líquido (HL) sobre variables vegetativas de la morera en fase de vivero

Variables agrupadas de acuerdo al CP		Tratamientos			
		Testigo	HL 10 %	HL 25 %	HL 50 %
CP1	Peso fresco hojas (g)	26,1 b	21,3 b	25,3 b	39,9 a
	Peso seco hojas (g)	4,8 b	4,5 b	6,6 b	9,0 a
	Longitud de ramas (cm)	23,4 b	23,5 b	28,1 b	37,2 a
	Peso fresco raíces (g)	5,2 a	4,9 a	7,5 a	8,7 a
	Peso seco raíces (g)	0,76 a	0,59 a	0,93 a	1,14 a
CP2	Materia seca hojas (%)	19,7 b	22,2 b	29,4 a	22,2 b
	Materia seca raíces (%)	16,5 a	11,6 a	10,9 a	13,7 a
	Diámetro de ramas (cm)	0,55 a	0,32 a	0,39 a	0,51 a
CP3	Hojas totales	25 a	27 a	25 a	24 a
	Hojas por rama	10 a	11 a	9 a	11 a

Valores en cada fila con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba LSD Fisher ( $P \leq 0,05$ )

Con respecto a las frecuencias de aplicación del humus líquido (Cuadro 4), se observó que al aplicarlo cada 7 días se favoreció el peso fresco de las hojas en un 22,9 % por encima de aquellas

plantas donde se aplicó cada 14 días. El incremento de la masa foliar contribuiría a acelerar el proceso de crecimiento vegetativo en plantas en estadios jóvenes, las cuales podrían

sobrevivir estreses ambientales prolongados y crecer adecuadamente luego de plantadas en el sitio definitivo, en concordancia con lo señalado por Johnson y Cline (1991).

**Cuadro 4.** Efecto de la frecuencia de aplicación foliar de humus líquido sobre variables vegetativas de la morera en fase de vivero

Variables agrupadas de acuerdo al CP	Frecuencias de aplicación	
	7 días	14 días
CP1 Peso fresco hojas (g)	31,1 a	25,3 b
Peso seco hojas (g)	6,9 a	5,6 a
Longitud de ramas (cm)	29,6 a	26,4 a
Peso fresco raíces (g)	7,8 a	5,3 b
Peso seco raíces (g)	1,1 a	0,7 b
CP2 Materia seca hojas (%)	21,8 a	24,9 a
Materia seca raíces (%)	13,3 a	13,1 a
Diámetro de ramas (cm)	0,39 a	0,49 a
CP3 Hojas totales	24 a	26 a
Hojas por rama	10 a	11 a

Valores en cada fila con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba LSD Fisher ( $P \leq 0,05$ )

Otro efecto notable obtenido bajo la frecuencia de aplicación semanal fue el incremento de la masa radical, tanto en su expresión fresca como seca, con un 47,2 y 57,1 %, respectivamente, superior a los valores encontrados bajo la frecuencia de 14 días (Cuadro 4), lo cual permite inferir que la suplencia más frecuente de nutrientes a nivel foliar pudo haber estimulado la formación de raíces, independientemente de la concentración del humus empleada. Por lo tanto, es posible suponer que esta estimulación al crecimiento y desarrollo del sistema radical podría deberse a la presencia de fitohormonas en el humus líquido (Lazo et al., 2014). Autores como Nielsen (1965), Domínguez et al. (2010) y Acosta et al. (2014) sostienen que las lombrices, entre ellas la especie *E. foetida*, son las responsables de la producción de ciertas sustancias capaces de influenciar el crecimiento vegetal. Un ejemplo de ellas es el ácido indolacético, capaz de inducir la formación y el crecimiento de raíces laterales (Canellas et al., 2002; Zandonadi et al., 2006).

Es relevante resaltar que a pesar de la baja concentración de nutrientes contenidos en el humus líquido empleado, hubo una respuesta significativa y positiva de parte de las plantas al

suministro vía foliar de este producto orgánico, lo cual sugeriría que podrían obtenerse mayores resultados e incluso disminuir el tiempo de permanencia en vivero de la morera si se emplean humus que garanticen mayores contenidos de nutrientes. Por lo antes expuesto, este trabajo podría considerarse como una contribución importante al inicio del manejo orgánico de recursos forrajeros, con miras a fortalecer la sostenibilidad de los sistemas ganaderos en el país.

## CONCLUSIÓN

La aplicación foliar de humus líquido proveniente del lixiviado de la lombriz *E. foetida* suministrado a una concentración del 50 % cada siete días (4 aplicaciones mensuales) en plantas de morera incrementó su biomasa aérea y radical, durante su etapa de vivero, permitiendo disponer de plantas acondicionadas orgánicamente para garantizar su adaptación y desempeño productivo cuando sean trasladadas al campo.

## LITERATURA CITADA

1. Acosta, C., N. Vázquez, O. Villegas, L. Vence y D. Acosta. 2014. Vermicomposta como componente de sustrato en el cultivo de *Ageratum houstonianum* Mill. y *Petunia hybrida* E.Vilm. en contenedor. Bioagro 26(1): 107-114.
2. Borges, J.A., M. Barrios y O. Escalona. 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Zoot. Trop. 30(1): 495-501.
3. Boschini, C., H. Dormond y A. Castro. 2000. Composición química de la morera (*Morus alba*), para su uso en la alimentación animal: densidades y frecuencias de poda. Agronomía Mesoamericana, 11(1): 41-49.
4. Canellas, L. P., F. L. Olivares, A. L. Okorokova y A. R. Facanha. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma  $H^+$ -ATPase activity in maize roots. Plant Physiology 130: 1951-1957.
5. Chaoui, H. I., L. M. Zibilske and T. Ohno.

2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 295-302.
6. Domínguez, J., C. Lazcano y M. Gómez-Brandón. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.) Número Especial 2*: 359-371.
7. Elizondo, J. 2007. Producción y calidad de la biomasa de morera (*Morus alba*) fertilizada con diferentes abonos. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2): 255-261.
8. Espinoza, E. y J. Benavides. 1998. Efecto de sitio y fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de la morera (*Morus alba* L.). *Livestock Research for Rural Development (revista digital)* 10(2): 23.
9. FONAIAP. 1999. Métodos y procedimientos analíticos con fines bromatológicos. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. Serie D-40. 40 p.
10. Holdridge, L. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
11. Johnson, J. y M. Cline. 1991. Seedling quality of southern pines. *In*: M. Duryea y P. Dougherty (eds.). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic. Dordrecht, Netherlands: pp. 143-159.
12. Jyung, W. y S. Wittwer. 1964. Foliar absorption-an active uptake process. *Amer. J. Bot.* 51: 437-444.
13. Lazo, J.V., J. Ascencio, J. Ugarte y L. Yzaguirre. 2014. Efecto del humusbol (humato doble de potasio y fósforo) en el crecimiento del maíz en fase vegetativa. *Bioagro* 26(3) (en prensa).
14. Lira S. 1994. *Fisiología Vegetal*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Editorial Trillas. México. 237 p.
15. Medina, M., D. García, T. Clavero, J. Iglesias y J. López. 2007. Evaluación inicial de la morera (*Morus alba* L.) en condiciones de vivero. *Zoot. Trop.* 25(1): 43-49.
16. Medina, M., D. García, P. Morantinos y L. Cova. 2009. La morera (*Morus* spp.) como recurso forrajero: Avances y consideraciones de investigación. *Zoot. Trop.* 27(4): 343-362.
17. Nielsen, R. L. 1965. Presence of plant growth substances in earthworms demonstrated by paper chromatography and the Went pea test. *Nature* 208: 1113-1114.
18. Noda, Y., G. Pentón y G. Martín. 2004. Comportamiento de nueve variedades de *Morus alba* (L.) durante la fase de vivero. *Pastos y Forrajes* 27(2): 131-138.
19. Pentón, G., G. Martín, A. Pérez y Y. Noda. 2007. Comportamiento morfoagronómico de variedades de morera (*Morus alba* L.) durante el establecimiento. *Pastos y Forrajes* 30(3): 312-325.
20. Sánchez, M. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. *In*: M. Sanchez (ed.). *Mulberry for Animal Production*. Animal Production and Health. Paper. 147. FAO, Roma. pp. 1-8.
21. Havlin, J., J. Beaton, S. Tisdale y W. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
22. Zandonadi, D., L. Canellas y A. Rocha-Façanha. 2006. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta* 225(6): 1583-1595.