

INIA  
Instituto Nacional  
de Investigaciones  
Agrícolas

Vol. 58, N° 3, 2008

# **Agronomía Tropical**

---

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

---

## AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, anteriormente FONAIAP.

**AGRONOMÍA TROPICAL** publica trabajos inéditos sobre resultados de investigación obtenidos en las ciencias agrícolas y sus diferentes disciplinas: mejoramiento agronómico, recursos fitogenéticos, biotecnología, fisiología vegetal, edafología, fertilidad y nutrición de suelos, riego, protección vegetal, malezas, ecología y medio ambiente, maquinaria, sistemas de producción y tecnología de alimentos, entre otros.

La remisión de un trabajo a la revista implica que no ha sido publicado ni enviado simultáneamente para su publicación en otro medio. Los artículos y notas son revisados y evaluados por reconocidos especialistas para asegurar su calidad científica. el contenido de los trabajos (artículos, notas, ensayos...) es de la exclusiva responsabilidad de los autores.

## INDIZACIÓN

**AGRONOMÍA TROPICAL** es reseñada e indizada por CAB Internacional (Reino Unido); TROPAG, Royal Tropic Institute (Holanda); REFERATIVNYI ZHURNAL, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information (Rusia); AGRIS, FAO (Roma); Base Agrícola Venezolana, INIA (Venezuela); Centro de Información y Documentación (Cuba); REVENCYT, Fundacite Mérida (Venezuela); PERIÓDICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM (México); REDPAV, Fundación Polar (Venezuela); WILDLIFE REVIEW ABSTRACTS, NISC Colorado (USA); BIOSIS Zoological Record (Reino Unido); AGRÍCOLA, National Agricultural Library (USA); Pest Directory, International Society for Pest Information (Alemania); LATINDEX, Directorio de Publicaciones Científicas de América Latina; Bibliografía Edafológica Venezolana, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo; MegaBase AGRI 2000, IICA-CATIE; Catalogue en Ligne del Institute de l'Information Scientifique et Technique, Francia; Base de Datos REVIS, CATIE, Costa Rica, Science citation index, [www2.scielo.org](http://www2.scielo.org).

## SUSCRIPCIÓN

Venezuela: Bs. 125 000,00 Bs.F 125,00  
Países en desarrollo: US\$ 95, incluyendo costos de envío  
(Developing countries) (including shipping)  
Países desarrollos: US\$ 100, incluyendo costos de envío  
(Developed countries) (including shipping)

## DIRECCIÓN

La correspondencia debe dirigirse a: **AGRONOMÍA TROPICAL**, Av. Universidad, vía El Limón, Edificio Gerencia General, INIA. Apartado 2103. Maracay 2105, estado Aragua. Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-CENIAP. Apartado 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

Correo Electrónico: [agrotrop@inia.gob.ve](mailto:agrotrop@inia.gob.ve)  
Página Electrónica: [http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com\\_periodicas](http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com_periodicas)  
<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/index.htm>

# **AGRONOMÍA TROPICAL**

**Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
Maracay, Venezuela**



## INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS AGRONOMÍA TROPICAL

Dra. Yorman Rodríguez  
GERENTE GENERAL

Dr. Yván Gil  
PRESIDENTE

Luis Dickson  
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. David Díaz  
GERENTE DE NEGOCIACIÓN

### FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzani†, W. S. Iljin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Gino Malagutti, Guisepe Ravello, Luis A. Salas F., S. Horovitz, P. Obregón y Dora M. de Zerpa.

### COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández  
EDITOR JEFE

Mónica González  
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo  
BACHILLER I

Carmen E. Sólorzano  
BACHILLER I

### EDITORES ASOCIADOS

Dra. Rosemary Warnock, UCV  
Producción Vegetal

Dr. Rodolfo Delgado, INIA-CENIAP  
Edafología, Fertilidad y Nutrición de Suelos

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo  
Frutales

Dra. Asia Y. Zambrano, INIA-CENIAP  
Biotecnología Vegetal

Dra. Beatriz Lozada, INIA- Táchira  
Agrometeorología

Dra. Aída Ortiz Domínguez, UCV  
Cereales, Malezas y Semillas

### COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández  
María González

Félix San Vicente  
Klaus Jaffé

### CONSEJO DE REDACCIÓN

José San José. IVIC. Caracas  
Gustavo Trujillo. UCV. Fac. de Agronomía  
María A. Sobrado. USB. Caracas  
José Pérez Roa. CIDIAT. Mérida  
Jean Marie Hétiér. ORSTOM. Francia  
Eduardo Casanova. UCV. Fac. de Agronomía  
Jorge Salas. INIA. CIAE Lara  
Eva García. UCV. Fac. de Agronomía  
Luis Avilán. INIA. CENIAP. Maracay  
Guillermo H. Eyherabide. INIA. Argentina  
Gloria I. Puerta. CINECAFÉ. Colombia  
Jon Lizaso. Iowa State University  
Gustavo Yépez. SYNGENIA. Guatemala  
María L. Izaguirre. IVIC. Caracas  
Inés Pino. Comisión Chile. Energía Nuclear

Yolanda Guevara. INIA. CENIAP. Maracay  
Raúl Mosqueda Vásquez. INIFAP. México  
Alfredo Layrisse. UCV. Fac. de Agronomía  
Juan Comerma. PALMAVEN. Carabobo  
David Beck. CIMMYT. México  
Zaida Lentini. CIAT. Colombia  
Graciano Elizalde. UCV. Fac. de Agronomía  
Marisol Castrillo. USB. Caracas  
José Barreiro Méndez. USB. Caracas  
Juan Blanquer. Univ. Politéc. Valencia. España  
Ramón Rossel. Univ. Nac. del Sur. Argentina  
Lelys Bravo. USB. Caracas  
Berto Arias. INIA. CIAE Monagas  
María Juana Pérez. INIA. CENIAP. Maracay  
Segundo Urquiaga. EMBRAPA. Brasil

**Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit)  
el apoyo financiero otorgado para la edición de este número**

**ÍNDICE**

<b>Artículos:</b>	<b>Pág.</b>
QUIJADA, O., M. MATHEUS, G. CASTELLANO, R. CAMACHO, C. GONZÁLEZ, A. CASANOVA y N. NOGUERA. Desarrollo y productividad de cultivares de mango injertados sobre el patrón Sinamaica en la planicie de Maracaibo..... Development and productivity of mango cultivars grafted over Sinamaica rootstocks in the plain of Maracaibo.	<b>207</b>
TORO, M., I. BAZÓ y M. LÓPEZ. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista..... Arbuscular mycorrhizae and plant grow promoting rhizobacteria, biofertilizers from sustainable agricultural systems.	<b>215</b>
MONTOYA ARAMBURU, M. A., N. RODRÍGUEZ, I. PÉREZ-ALMEIDA y C. MARÍN. Identificación de descriptores morfológicos relevantes para la distinción de variedades y líneas élites de arroz venezolano con fines de protección intelectual..... Identification of morphological descriptors relevant for the distinctiveness of rice venezuelan varieties and advanced lines with aims of intellectual protection.	<b>223</b>
ZAMORA, F., D. TUA y D. TORRES. Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa..... Evaluation of five organic sources on vegetative development of potato crops.	<b>233</b>
DELGADO, R., L. CASTRO, E. CABRERA de BISBAL, M. de J. MUJICA, S. CANICHE, L. NAVARRO e I. NOGUERA. Relación entre propiedades físicas del suelo y algunas características del sistema radical del maíz, cultivado en un suelo Fluventic Haplustoll de textura franco-arenosa de Maracay, Venezuela..... Relationship between some soil physical properties and characteristics of the root system of maize grown in a Fluventis Haplustoll soil of Maracay, Venezuela.	<b>245</b>
ZAMBRANO, J. A. VALERA, M. MAFFEI, W. MATERANO e I. QUINTERO. Efecto del escaldado y la adición de preservativos sobre la calidad de la pulpa de mango tipo ‘Bocado’ almacenada bajo refrigeración..... Effect of blanching and preservative addition on the quality of the mango pulp type ‘Bocado’ stored under refrigerator.	<b>257</b>
BERTOLACCINI, I., P. ANDRADA y O. QUAINO. Efecto de franjas marginales en la atracción de Coccinellidae y Syrphidae, depredadores de áfidos en trigo, en la zona central de la provincia de Santa Fe, Argentina..... Effect of marginal strips on the attraction of predacious wheat aphids, Coccinellidae and Syrphidae, in central Santa Fe province, Argentina.	<b>267</b>

<b>Artículos:</b>	<b>Pág.</b>
TORRES, D., D. RIVERO, N. RODRÍGUEZ, H. YENDIS, D. LOBO, D. GABRIELS y F. ZAMORA. Efectos de un acondicionador sintético (Terracotten®) y un acondicionador orgánico (Bocaschi) sobre la eficiencia del uso de agua en el cultivo del pimentón..... Effects of a synthetyc conditioner (Terracotten®) and an organic conditioner (Bocaschi) on water use efficiency in a green pepper crop.	<b>277</b>
OROPEZA, J y T. RUSSIÁN y J. RUÍZ. Efecto del vermicompost, sobre el crecimiento, en vivero de la naranja `Criolla` sobre tres patrones..... Effect of the vermicompost, about the growth, in greenhouse, of the orange `Criolla` it has more than enough three rootstocks.	<b>289</b>
ORTIZ DOMÍNGUEZ, A., R. MIRANDA, R. FIGUEROA y C. RAMIS. Caracterización morfológica de una población F <sub>2</sub> obtenida del cruce natural entre un cultivar de arroz y un arroz rojo (Parte I)..... Morphological characterization of a F <sub>2</sub> progeny obtained from natural crossing between a rice variety and red rice (Parte I).	<b>299</b>
ORTIZ DOMÍNGUEZ, A., R. MIRANDA, R. FIGUEROA y C. RAMIS. Caracterización morfológica de la semilla y productividad en una población F <sub>2</sub> obtenida del cruce natural entre un cultivar de arroz y un arroz rojo (Parte II)..... Morphological characterization of seeds and productivity of F <sub>2</sub> progenies obtained from natural crossing between a rice variety and red rice (Parte II).	<b>309</b>

Instrucciones a los Autores

## DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DE CULTIVARES DE MANGO INJERTADOS SOBRE EL PATRÓN SINAMAICA EN LA PLANICIE DE MARACAIBO

### DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF MANGO CULTIVARS GRAFTED OVER SINAMAICA ROOTSTCKS IN THE PLAIN OF MARACAIBO

Osmar Quijada\*, Máximo Matheus\*\*\*, Glady Castellano\*, Ramón Camacho\*\*  
César González\*\*\*\*, Ángel Casanova\*\*\*\*\* y Néstor Noguero\*\*\*\*\*

\* Investigador y \*\* Técnicos Asociados a la Investigación (TAI). INIA. CIAE-Zulia. Km. 7. Vía Perijá. Apto. Postal 1316. Maracaibo, estado Zulia. Venezuela. E-mail: oquijada@inia.gov.ve

\*\*\* Investigador y \*\*\*\*TAI. Centro Frutícola del Zulia- CORPOZULIA. Municipio Mara, estado Zulia.

\*\*\*\*\* Profesores. Universidad del Zulia (LUZ). Facultad de Agronomía. Ciudad Universitaria. Maracaibo, estado Zulia.

#### RESUMEN

Se evaluó la capacidad productiva de cultivares de mango, *Mangifera indica* L., injertados sobre el patrón tolerante a salinidad "Sinamaica", con el propósito de determinar su adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo. Las variables estudiadas fueron superficie lateral de copa, volumen de copa, número y peso de frutos por planta, peso promedio de frutos, índice de fructificación y eficiencia productiva. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los cultivares para las variables estudiadas. El cultivar Valencia Pride logró el valor más alto para la superficie lateral de copa y volumen de copa, mientras que los cultivares Criollo de Mara y Sensation resultaron con los mayores rendimientos de frutos por planta. Los cultivares Criollo de Mara, Irwin y Manzana presentaron los mayores índices de fructificación y eficiencia productiva de planta, por su parte, los cultivares Haden, Springfels y Glenn obtuvieron valores más bajos para estas variables. Los resultados indican que los cultivares Criollo de Mara, Manzana, Irwin y Sensation, presentan una mejor adaptación a las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo injertadas sobre el patrón Sinamáica.

**Palabras Clave:** *Mangifera indica* L.; patrón; cultivares productividad.

#### SUMMARY

The productive capacity of mango, *Mangifera indica* L. cultivars grafted over "Sinamaica" salinity tolerant rootstock was evaluated in order to determine adaptability to the agroecological conditions of the Maracaibo plain. Variables studied were canopy lateral surface, canopy volume, number and weight of fruits per plant, fruit average weight, fructification index and productive efficiency. The statistical analysis showed significant differences ( $P < 0.05$ ) between cultivars for the studied variables. Cultivar Valencia Pride reached the highest values for canopy lateral surface and canopy volume, Criollo de Mara and Sensation showed the highest values of fruit yield per plant. Cultivars Criollo de Mara, Irwin and Manzana showed the highest values of fructification index and productive plant efficiency, while Haden, Springfels and Glenn had low values for these two variables. Results indicated that Criollo de Mara, Manzana and Sensation grafted over Sinamaica rootstock have the best adaptability to the agroecological conditions of the Maracaibo plain.

**Key Words:** *Mangifera indica* L.; rootstock; cultivars; productivity.

## INTRODUCCIÓN

El mango, *Mangifera indica* L., es un fruto de gran importancia en regiones tropicales y subtropicales, debido, principalmente, al incremento de su consumo en el mercado europeo y norteamericano (Avilán y Rengifo, 1990). La mayor parte de la producción nacional proviene de árboles de semilla o "pie franco", con excepción de los huertos establecidos con miras a participar en el mercado internacional, donde se utilizan plantas injertadas.

El empleo de patrones en los frutales ha constituido uno de los grandes artificios utilizados por el hombre, a través del cual no sólo se ha logrado una mejora sustantiva de los rendimientos y la calidad de los frutos, sino que también ha permitido su explotación en sitios con características que son adversas para el desarrollo de las plantas (Avilán, 1997).

En la Planicie de Maracaibo existen condiciones agroclimáticas favorables para el establecimiento de muchos cultivos, pero presenta marcadas potencialidades de salinización, lo cual se debe a la presencia de estratos salinos en el suelo o al efecto del agua de riego disponible (Parra, 1976). Existe un peligro potencial de salinización en estos suelos, debido al uso de aguas de riego salinas, sobre todo si no se practica un manejo adecuado de los mismos (Noguera y Mata, 1992).

Uno de los cultivos con mayores potencialidades de manejarse en estas condiciones es el mango, cultivo de muy buena demanda en el mercado nacional e internacional, de alta rentabilidad (Avilán *et al.*, 2003), pero con pocos materiales genéticos conocidos como tolerantes a salinidad.

Por lo expresado anteriormente, las nuevas plantaciones de mango de esta zona deben establecerse sobre patrones que muestren tolerancia a salinidad. Este es el caso del patrón Sinamáica, el cual se considera tolerante, ya que a nivel de vivero ha presentado buen comportamiento a niveles de conductividad eléctrica de 4 654 ds/m en el extracto de saturación, tendiendo a incrementar los niveles de nitrógeno y potasio en las hojas y tallos y a acumular menor cantidad de sodio en tallos y raíces (Quintero, 2000).

Este patrón se encuentra en la región de Sinamaica, municipio Páez del estado Zulia, que por selección

natural ha podido desarrollar resistencia a condiciones de alta salinidad de agua como de suelo, así como a la constante presencia de vientos salitrosos, debido a la cercanía del mar. En este orden de ideas, se realizó este estudio a fin de evaluar el desarrollo y productividad de diferentes cultivares de mango injertados sobre el patrón Sinamaica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU), ubicado en el km 22 de la vía El Moján, municipio Mara del estado Zulia, área caracterizada como bosque seco tropical, con precipitación anual promedio de 500-600 mm, evaporación promedio anual de 2 000 a 2 300 mm, temperatura promedio de 28 °C y humedad relativa de 75%. Los suelos clasificados como aridisoles, teniendo una capa superficial arenosa (Meléndez *et al.*, 1989).

Se utilizó el patrón criollo Sinamaica, tolerante a salinidad, proviene de la localidad de Sinamaica, municipio Páez del estado Zulia, con los cultivares mejorados recomendadas por el INIA para las zonas áridas y obtenidas de su Banco de Germoplasma: Irwin, Tommy Atkins, Carrusel, Ford, Edward, Haden, Sensation, Kent, Manzana, Keitt, Valencia Pride, Springfels, Palmer, Zill, Glenn, se introdujeron dos cultivares seleccionados en la zona denominados Criollo de Mara y Carrusel.

El patrón Sinamaica, es un árbol mediano (5-10 m) de porte erecto y copa circular, hojas elípticas-lanceoladas, de color verde amarillo y inflorescencias de 36 a 38 cm de forma piramidal. El fruto es de tamaño pequeño (160g), varía entre 132 y 181 g de forma oblongo-oval, la pulpa es de espesor medio (2,5 cm) y la textura fina, representando un 80% del peso del fruto, de color amarillo fuerte y presencia abundante de fibras finas y largas. Sabor dulce y aroma moderado. El hueso es liviano (25 g) representando el 16% del peso del fruto, la semilla tiene un peso entre 16-18-20 g.

Las plantas fueron sembradas a una distancia de 12 x 12 m en cuadrículas, con una edad de 4,5 y 6 años de edad para cada uno de los años evaluados. Se sembraron 10 plantas por cultivar para un total de 160 plantas, el diseño estadístico utilizado fue un bloque al azar con 5 repeticiones y 2 plantas por unidad experimental. El área de la parcela ocupada por el ensayo consta de 2,88 h.

**VARIABLES EVALUADAS:****VARIABLES VEGETATIVAS****- Superficie lateral (SL)**

Esta variable se determinó empleando la fórmula que estima la superficie lateral de un cono truncado, usada para mango por Aubert y Lossois (1972), y viene expresado en m<sup>2</sup>. Se aplicó la fórmula:

$$SL = \pi.R + r\sqrt{(R-r)^2 + h^2}$$

Donde: R = Radio inferior de la copa.

R = DC/2, siendo DC el diámetro de la copa.

r = Radio superior, siendo el 56 % de R.

h = Es el 66 % de la altura total H.

H = Se midió desde el nivel del suelo hasta el tope de la mayoría de las ramas. Se usó la mira topográfica y se determinó en metros (m).

DC = Se determinó en dos direcciones motivado a la posibilidad que el lado este de la copa recibe mayor cantidad de horas de luz, que pudiera influir sobre la brotación vegetativa (Pandey, 1988). También porque la cantidad de flores hermafroditas pueden variar de acuerdo a los diferentes lados del árbol (Majumder y Mukherjee, 1961).

**- Volumen de copa (VC)**

Esta variable se determinó empleando la fórmula que estima el volumen de copa de la planta propuesta por (Avilán *et al.*, 1998).

$$VC = 4/3 \pi R^2 \cdot \frac{1}{2} H.$$

Donde: R = Radio de la copa.

H = altura de la planta.

Los datos fueron tomados en árboles de mango jóvenes dentro del "Período de crecimiento de las plantas" (Avilán, 1980).

**VARIABLES PRODUCTIVAS**

Los registros de producción se realizaron en base al número y kilogramos de frutos por planta, calculándose además el peso promedio de frutos.

**ÍNDICES DE EFICIENCIA PRODUCTIVA****- Índice de Fructificación (ÍF)**

Se midió por la relación número de frutos por la superficie lateral de la planta (Avilán, 1980).

**- Eficiencia productiva (EP)**

Se determinó por la relación de kilos de frutas producidas por el volumen de copa, expresado en m<sup>3</sup>.

**Análisis estadístico**

Los datos se analizaron como un diseño de medidas repetidas en el factor ciclos de producción, donde el factor principal cultivares se localizó en un lote sembrado con 5 repeticiones por cultivar y 2 plantas por unidad experimental. Los datos se sometieron previamente a una verificación de outliers y a un Test de normalidad usando la prueba Shapiro-Wild. Se aplicó la prueba F en el modelo para que las probabilidades fueran correctas siendo necesario que la estructura de la matriz varianza-covarianza fuese uniforme, conociéndose como hipótesis de esfericidad y se probó con el test de Mauchly, modificado por Huynh y Felt.

Se utilizó la prueba de Tukey para hacer comparaciones múltiples de medias de variedades al nivel  $\alpha=0,05$ . En razón de que todas las variables respuestas se incrementaron en relación a los ciclos de producción, se analizaron las tendencias de crecimiento tanto lineal y cuadrático y las interacciones variedad con ciclos de producción.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN****Desarrollo vegetativo**

Se midió en términos de SL y de VP. El Cuadro 1 presenta los promedios de SL y VP para las 16 copas injertadas sobre el patrón Sinamáica, promedio de 3 ciclos de producción. Se encontraron diferencias significativas ( $P<0,05$ ) entre los cultivares estudiados. Se muestra que para la SL y el VC se pueden conformar 3 grupos, el primero constituido por el cultivar Valencia Pride que resultó con mayor SL y VP, un segundo grupo constituido por los cultivares Glenn, Palmer, Edward y Haden y en un tercero el resto de los cultivares, que obtuvieron los menores promedios en SL y VP. Estos valores son bajos al compararlos con los presentados en diferentes variedades injertadas sobre otro patrón en las mismas condiciones agroecológicas por Quijada *et al.* (2004a).

Los mayores valores de SL y VC alcanzados por el primer y segundo grupo sugiere que estos cultivares presentan un vigoroso crecimiento vegetativo, mientras que el tercer grupo presenta un menor porte de planta (Avilán, 1980).

**CUADRO 1.** Superficie Lateral (SL) y Volumen de Copa (VP) de cultivares de mango injertados sobre patrón Sinamaica, promedio de tres ciclos productivos en la planicie de Maracaibo.

Cultivares	Superficie Lateral		Volumen de Copa	
	m <sup>2</sup>	Orden	m <sup>3</sup>	Orden
Valencia Pride	105,5	a	290,8	a
Glenn	90,6	b	241,3	b
Palmer	90,1	b	242,3	b
Edward	88,8	b	232,4	b
Haden	87,1	b	230,9	b
Zill	85,8	c	217,8	c
Sensation	78,0	d	191,9	d
Keitt	76,9	d	192,6	d
Ford	70,2	e	161,6	e
Spring Fels	69,8	e	160,8	e
Tommy Atkins	68,6	e	149,8	e
Carrusel	67,8	e	153,4	e
Kent	61,5	d	139,3	d
Irwin	56,5	d	116,2	e
Manzana	54,5	f	106,9	f
Criollo de Mara	51,6	f	103,1	f

Promedios con letras latinas iguales no son estadísticamente diferentes  $P < 0,05$ .

Los resultados logrados en SL y VC sobre este patrón son más bajos a los señalados por Quijada *et al.* (2004a) y Avilán *et al.* (2005). Pero, es importante señalar que estas plantas son más jóvenes y poseen menor porte, ya que todavía están en pleno crecimiento vegetativo. Se observa que el patrón Sinamaica pareciera conferir un menor porte de planta lo que permitiría sembrar mayor número de plantas por área.

### Producción

Se evidencian diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en las variables de producción entre los cultivares estudiados (Cuadro 2). En relación al número de frutos por planta los cultivares Sensation, Manzana, Zill y Criollo de Mara, resultaron con los mayores promedios en número de frutos en comparación al resto de los cultivares. En segundo lugar resultó el cultivar Irwin y un tercer grupo con menor promedio constituido por las demás cultivares. Estos resultados son bajos a los mostrados

por Donadio *et al.* (1994) y Soto *et al.* (2004), esto quizás motivado a que las plantas son más jóvenes y se encuentran en un menor "Período de crecimiento de las plantas" (Avilán, 1980).

Para el peso de frutos por planta se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para los cultivares evaluados, resultando con peso superior los cultivares Criollo de Mara y Sensation seguido en orden por los cultivares Manzana, Irwin, Palmer y Ford, Zill, y posteriormente los demás cultivares. Estos resultados son más bajos a los señalados por Quijada *et al.* (2004b) en plantas injertadas sobre patrón "Bocado" en la misma planicie de Maracaibo y por Soto *et al.* (2004) y Figueroa (1967) en otras condiciones agroecológicas.

En cuanto al peso promedio de fruto, el cultivar Ford presentó el valor más alto, seguido del cultivar Springfels y los menores pesos lo presentaron en orden descendente los cultivares: Keitt; Palmer, Valencia Pride, Kent; Tommy Atkins, Criollo de Mara, Edward, Carrusel, Glenn; Haden, Manzana, Irwin, Sensation y Zill. Resultados similares mostraron las investigaciones realizadas por Quijada *et al.* (2004b). Se destaca que los cultivares con menor peso promedio por fruto fueron los que produjeron mayor número de frutos y peso de frutos por planta, a excepción del cultivar Criollo de Mara, ya que siendo el primero en producción y cuarto en número de frutos por planta, se colocó en el orden 8 en peso promedio de fruto (0,424 g).

En referencia al ÍF y EP el cultivar Criollo de Mara resultó con mayor eficiencia durante los 3 ciclos en términos de frutos m<sup>-2</sup> y kg m<sup>-3</sup>. Los cultivares Manzana e Irwin resultaron en segundo orden de importancia y mayor significativamente  $P < 0,05$ , al resto de los cultivares (Cuadro 3).

Tomando en consideración el ÍF determinado por Avilán (1980), los cultivares Criollo de Mara, Manzana e Irwin, se ubican en la categoría media (M), el resto de variedades se ubican en la categoría baja (B).

En cuanto a la eficiencia productiva estos resultados difieren en parte con las investigaciones realizadas por Avilán *et al.* (2005) en cultivares de mango injertados sobre patrón Criollo, donde Springfels y Tommy Atkins de porte bajo e intermedio, respectivamente, fueron los más productivos, sin embargo, los cultivares Haden y Edward caracterizados por vigor vegetativo alto presentaron la menor eficiencia productiva coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio.

**CUADRO 2.** Comportamiento productivo de cultivares de mango injertadas sobre el patrón Sinamaica, promedio de tres ciclos productivos en la planicie de Maracaibo.

Variedad	Frutos/Planta			Peso Frutos/Planta			Peso Promedio de Fruto		
	Número	Orden		(kg)	Orden		(kg)	Orden	
Sensation	233	a	1	69,24	a	2	0,305	j	15
Manzana	216	a	2	64,54	b	3	0,325	i	13
Zill	201	a	3	54,53	c	7	0,271	k	16
Criollo de Mara	201	a	4	86,82	a	1	0,424	g	8
Irwin	193	b	5	59,21	b	5	0,306	j	14
Palmer	117	c	6	59,36	b	4	0,520	d	4
Tommy Atkins	111	c	7	50,11	d	8	0,459	f	7
Edward	108	c	8	44,31	d	12	0,405	g	9
Valencia Pride	105	c	9	49,67	d	9	0,511	d	5
Kent	98	c	10	47,98	d	10	0,501	e	6
Carrusell	93	c	11	36,32	e	14	0,389	h	10
Keitt	82	c	12	47,03	d	11	0,589	c	3
Glenn	80	c	13	31,75	f	15	0,382	h	11
Ford	78	c	14	54,96	c	6	0,718	a	1
Haden	76	c	15	24,07	g	16	0,341	i	12
Spring Fels	62	c	16	41,28	d	13	0,647	b	2

Promedios con letras latinas iguales no son estadísticamente diferentes P<0,05.

**CUADRO 3.** Índice de Fructificación (ÍF) y Eficiencia Productiva (EP) de cultivares de mango injertados sobre el patrón Sinamaica, promedio de tres ciclos productivos en la planicie de Maracaibo.

Cultivares	Índice de Fructificación (ÍF)			Eficiencia Productiva (EP)			
	Frutos m <sup>-2</sup>	Orden	Nivel	kg m <sup>-3</sup>	Orden		
Criollo de Mara	4,38	a	1	M	2,53	a	1
Manzana	3,79	a	2	M	2,15	b	1
Irwin	3,58	b	3	M	2,04	b	3
Sensation	3,45	b	4	M	1,59	c	4
Zill	2,42	c	5	B	1,03	d	5
Tommy Atkins	1,79	d	6	B	0,95	d	6
Kent	1,65	d	7	B	0,79	e	7
Carrusell	1,49	d	8	B	0,76	e	8
Palmer	1,42	d	9	B	0,59	e	9
Edward	1,32	d	10	B	0,56	e	11
Ford	1,22	d	11	B	0,58	e	10
Keitt	1,15	e	12	B	0,52	e	12
Valencia Pride	1,08	e	13	B	0,42	e	16
Haden	1,05	e	14	B	0,45	e	14
Spring Fels	1,03	e	15	B	0,51	e	13
Glenn	1,00	e	16	B	0,44	e	15

M= Nivel Medio. B= Nivel Bajo

Promedios con letras latinas iguales no son estadísticamente diferentes P<0,05.

## CONCLUSIONES

- Los cultivares Valencia Pride, Glenn, Palmer, Edward y Haden presentaron mayor desarrollo vegetativo expresado en SL y VC de las plantas.

Los cultivares Criollo de Mara, Sensation, Manzana e Irwin presentaron mayor producción de frutos por planta, expresado en número y peso de frutos por planta.

- Los cultivares Criollo de Mara, Irwin y Manzana presentaron los mayores ÍF y EP de planta, mientras que los cultivares Haden, Springfels y Glenn obtuvieron los más bajos valores.
- Los resultados indican que los cultivares Criollo de Mara, Manzana, Irwin y Sensation, injertadas sobre el patrón Sinamáica, presentaron una mejor adaptación a las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo.

## AGRADECIMIENTO

Los autores expresamos nuestra gratitud al Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU) por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aubert, B. ET P. Lossois. 1972. Considerations sur la phenologie des especes fruitieres arbustives. *Fruits* 27(4):269-286.
- Avilán R. L. 1980. El "índice de fructificación" en frutales perennes. *Rev. Agronomía Trop.* 30(1-6):147-157.
- Avilán, L. 1997. El patrón y su importancia en la fruticultura. FONAIAP- Divulga. 58.7-10.
- Avilán, L y C. Rengifo. 1990. El mango. Editorial América. Caracas Venezuela. 401 p. 9-82.
- Avilán, L., I. Dorantes y M. Rodríguez. 1998. Selección de cultivares de mango para el comercio de frutos frescos de la colección del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Período 1952-1996. Maracay, Venezuela. *Agronomía Trop.* 48(2):107-122.
- Avilán, L., U. Emaldi, E. Soto, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2003. Evaluación de cultivares "criollos" de mango. *Agronomía Trop.* 53(2):119-131.
- Avilán, L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad (278 pl ha<sup>-1</sup>) durante el período de crecimiento *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol. 22:99-111.
- Donadio, L. C., N. Soares and O. Sempionato. 1994. Evaluation of mango varieties in Sao Paulo, Brazil. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 38:32-36.
- Figuroa, A. M. 1967. Comportamiento de variedades de mango en Venezuela. *Proc. Tropical Región Amer. Soc. Hort. Sci.* 11:131-1509.
- Majumder, P. and S. Mukherjee. 1961. Studies on variability of sex expression in mango (*Mangifera indica* L.) *Ind. J. Hort.* 18:12-19.
- Meléndez, I., N. Noguera y D. Mata. 1989. Aspectos preliminares relacionados con la fertilidad del suelo en áreas frutícolas de los alrededores de Maracaibo. Cumaná, Venezuela. **In:** X Congreso Venezolano de Ciencias del Suelo. 62 p.
- Noguera, N. y D. Mata. 1992. Salinidad en suelos y aguas de tres granjas frutícolas del municipio Mara estado Zulia. *Revista de Agronomía de LUZ.* 9(2):3.
- Pandey, R. 1988. Physiology of flowering in mango. *Acta Horticulturae.* 231:361-380.
- Parra, J. R. 1976. Consideraciones sobre la salinidad de los suelos de la Cuenca del Lago de Maracaibo. **In:** I Jornadas Nacionales de Ingeniería Hidráulica. Maracaibo, Venezuela. 15 p.
- Quijada, O., B. Herrero, G. Castellano, M. Matheus y Camacho R. 2004a. Evaluación de variedades de mango (*Mangifera indica* L.) I. Características vegetativas y épocas de producción. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 21(1):244-252.
- Quijada, O., B. Herrero, G. Castellano, M. Matheus y Camacho R. 2004b. Evaluación de variedades de mango (*Mangifera indica* L.) II. Producción y eficiencia productiva. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 21(1):253-261.
- Quintero, M. 2000. Evaluación de la tolerancia a la salinidad de cuatro tipos de mango (*Mangifera indica* L.) en condiciones de vivero. Tesis de Maestría. Maracaibo, Venezuela. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. 54 p.

Soto, E., L. Avilán, U. Emaldi, M. Rodríguez y J. Ruiz.  
2004. Comportamiento y características de algunos  
cultivares promisorios de mango. *Agronomía Trop.*  
54(2):179-201.

## MICORRIZAS ARBUSCULARES Y BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL, BIOFERTILIZANTES NATIVOS DE SISTEMAS AGRÍCOLAS BAJO MANEJO CONSERVACIONISTA<sup>1</sup>

### ARBUSCULAR MYCORRHIZAE AND PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA, BIOFERTILIZERS FROM SUSTAINABLE AGRICULTURAL SYSTEMS<sup>1</sup>

Marcia Toro\*, Ignacio Bazó\* y Marisol López\*\*

<sup>1</sup>Trabajo financiado por FONACIT y del Proyecto de Manejo de Suelos Ácidos del INIA, financiado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA). Estos resultados forman parte del proyecto S1-2000000649.

\* Profesores. UCV. Facultad de Ciencias. Laboratorio de Estudios Ambientales. Instituto de Zoología Tropical, Caracas 1041-A

\*\* Investigadora. INIA-CENIAP). Maracay-Venezuela. Email: mlopez@inia.gov.ve

#### RESUMEN

Los suelos de sabanas poseen baja fertilidad natural: pH ácido, bajos tenores de P, N y materia orgánica, son Oxisol o Ultisol con sistemas agrícolas que han recibido fertilización química para la productividad de los cultivos, agotando las propiedades biológicas de los suelos. Para mejorar ésta condición se aplicaron prácticas conservacionistas: siembra de abonos verdes y fertilización química con roca fosfórica, de lenta solubilidad en un sistema agrícola de Espino, Guárico. El impacto del manejo sobre la microbiota se utilizó como indicadores a microorganismos tipo biofertilizante: hongos de micorriza arbuscular (Glomales) y bacterias solubilizadoras de fosfato cálcico; se evaluó su presencia en la rizósfera de *Sorghum bicolor* como cultivo tipo en 2 períodos separados por 3 años de manejo. El control más favorable a estos microorganismos propiciará su presencia en la rizósfera y la colonización por micorrizas del sorgo (MS). La MS mostró valores bajos (2-8% LRM) durante el 1<sup>er</sup> año de medición. Posiblemente el impacto del manejo y la fertilización química disminuyó el potencial infectivo de micorrizas en el suelo. Al cabo de 3 años la colonización por MS incrementó levemente (6-15% LRM), y el número de esporas disminuyó (169-315 esporas/100 g suelo). Un incremento, aunque leve, de este valor (169-235 esporas/100 g suelo) se registró en ausencia de residuos, resaltando la importancia de la vegetación natural como fuente de colonización por MS. A 3 años de manejo incrementó la proporción de bacterias solubilizadoras de fosfato cálcico en la rizósfera del sorgo en presencia de las leguminosas (1,8.105 ufc/g suelo). Se identificaron las bacterias *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus circulans* y *Burkholderia cepacia* como solubilizadoras de fósforo autóctonas de estos suelos.

**Palabras Clave:** Micorriza arbuscular; biofertilizantes; rizobacterias; suelos ácidos; manejo conservacionista; sorgo.

#### SUMMARY

Savanna soils have natural low fertility, acid pH and low levels of N, P and organic matter content. Most of these soils are Oxisols or Ultisols and sustain agricultural systems that have been intensively fertilized affecting biological properties of soils. To improve this condition, conservation practices like green manures and addition of slow release phosphate fertilizers (rock phosphates) have been applied in an agroecosystem located in Espino, Guárico state. To observe the impact of this management practice on the soil we monitored Glomalean arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and calcium phosphate solubilizing bacteria in *Sorghum bicolor* rhizosphere after three years of cultivation under these conditions. Most favorable management will increase phosphate solubilizing bacteria populations and intensity of *Sorghum* mycorrhizal colonization. *Sorghum* mycorrhizal colonization was low during the first year (2-8% Root Length Mycorrhization, RLM). Former fertilization and management could influence the low colonization capacity of soil natural inoculums. After three years, *Sorghum* mycorrhizal colonization slightly increased (6-15% RLM) and number of spores decreased (169-315 spores/100 g soil). A slight increase of this parameter was only observed when green manure was absent (169-235 spores/100 g soil), meaning that natural vegetation positively affected AM fungal spores abundance. When legume manure was applied, phosphate solubilizing bacteria populations increased in *Sorghum* rhizosphere (1,8.105 cfu/g soil). *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus circulans* y *Burkholderia cepacia* were identified as acid soils autochthonous phosphate solubilizing bacteria.

**Key Words:** Arbuscular mycorrhiza; biofertilizers; rhizobacterias; acid soils; sustainable management.

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela los ecosistemas de sabana constituyen las zonas de uso potencial para la agricultura. Sus suelos se caracterizan por tener baja fertilidad natural: pH ácido, bajos tenores de P y N y poca materia orgánica. Son en mayoría del tipo Oxisol ó Ultisol (López-Gutiérrez *et al.*, 2001). El manejo tradicional de estos ecosistemas ha involucrado la fertilización química con fuentes solubles, el uso de maquinaria para acondicionamiento del suelo y el establecimiento de monocultivos, esto ha llevado a un desgaste y erosión de los suelos de sabana.

Una alternativa de manejo para mejorar el estado nutricional de los suelos es el uso de mecanismos biológicos que permitan restituir su fertilidad, sin perturbar y/o empeorar su condición (Dodd *et al.*, 1990). Entre estos mecanismos se podrían nombrar las asociaciones simbióticas como las micorrizas arbusculares (MA) especializadas en la captación de fósforo de la solución del suelo; la asociación con *Rhizobium*, bacterias gram negativas que se asocian a las leguminosas, especializadas en la captación del N<sub>2</sub> y otros microorganismos habitantes de la rizósfera, con capacidad de movilizar a través de la solubilización elementos poco abundantes, como el fósforo (Barea y Azcón-Aguilar, 1983; Kucey *et al.*, 1989).

Con la finalidad de estudiar la presencia de estos microorganismos en sistemas agrícolas tropicales y determinar el impacto que podría tener el tipo de manejo aplicado al sistema sobre las poblaciones, se estudio la riqueza de simbiontes: MA y de bacterias solubilizadoras de fosfato en una sabana natural ubicada en la localidad de Espino, estado Guárico.

El manejo conservacionista aplicado consistió en sembrar coberturas como abonos verdes: leguminosas, gramíneas, vegetación natural y aplicar fertilización química: roca fosfórica, fosfato diamónico y una mezcla de azufre con roca fosfórica, en combinaciones diferentes. Una vez cortadas las coberturas sus residuos se incorporan al suelo, y posteriormente se siembra el cultivo problema: *Sorghum bicolor*, cultivar Chaguaramas VII.

Este manejo se aplicó durante cuatro años, comparando este tiempo con el relacionado al primer año de manejo la colonización por MA del cultivo, el número de esporas de hongos Glomales y las poblaciones de bacterias con capacidad de solubilizar fosfatos. El manejo más favo-

rable a la biología del suelo favorecerá la reproducción de los propágulos de la MA, la colonización por MA del sorgo y la abundancia de las bacterias solubilizadoras de fosfato en la rizósfera del cultivo *S. bicolor*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** una altiplanicie de mesa en el municipio Espino, Finca "El Silbón", estado Guárico aproximadamente entre las coordenadas: 8°32" N y 66°05".

**Establecimiento de las parcelas experimentales:** se sembraron los abonos verdes de la leguminosa *Crotalaria juncea* y de la gramínea *S. bicolor*, cultivar Chaguaramas VII. Estos abonos se dejaron sobre la superficie del suelo y se incorporan al mismo antes de sembrar el cultivo indicador: *S. bicolor*, cultivar Chaguaramas VII. Dicha incorporación se realizó mediante un pase de rotocultor calibrado a aproximadamente 10 cm de profundidad. Posteriormente se aplicaron los tratamientos de fertilización: T1, T2, T3 y T4 los cuales se especificarán más adelante. Se utilizó un diseño de bloques al azar y parcelas divididas, con 4 repeticiones para cada tratamiento.

Los tratamientos orgánicos o de abonos verdes fueron los siguientes:

**Sin Residuos (SR):** en esta parcela no se incorporan coberturas utilizadas como abono orgánico. Después de la cosecha, la biomasa aérea es extraída. El suelo queda descubierto al inicio del período de lluvias, simulando el sobrepastoreo.

**Residuos Gramínea (RG):** Consiste en sembrar el **S. bicolor** cultivar Chaguaramas VII y al llegar la floración, se corta la biomasa aérea y se deja sobre la superficie hasta ser incorporada al suelo por el rotocultor antes de la siembra del cultivo indicador para el próximo ciclo.

**Residuos de Leguminosa (RL):** En ésta parcela la especie *C. juncea* fue la leguminosa introducida como abono verde.

**Residuos Naturales (RN):** Consiste en cortar la parte aérea de la vegetación natural y dejarla en el suelo para ser incorporados por el rotocultor. Este tratamiento sólo se aplicó a partir del segundo año, por lo cual no mostramos sus resultados en el año 1 de medición.

Las parcelas de los tratamientos SR, RG, RL y RN recibieron la siguiente fertilización inorgánica: T1: N+K+0P; T2: N+K+P (Roca Fosfórica Riecito); T3: N+K+P (Roca Fosfórica Acidulada) y T4: N+K+P (Fosfato Diamónico). Adicionalmente se aplicaron las fuentes de nutrimentos siguientes: Nitrógeno: en forma de urea; Potasio: como cloruro de potasio; Fósforo: en las formas siguientes, Roca Fosfórica de Riecito (RFR baja solubilidad), Fosfopoder (RFA, mediana solubilidad) y Fosfato diamónico (FDA, alta solubilidad).

**Determinaciones sobre MA y microbiológicas:** Para determinar el impacto de las prácticas agronómicas aplicadas durante los años 2001 y 2004 se estudiaron en la rizósfera del sorgo sembrado en cada parcela: el % longitud de raíz micorrizada (%LRM) según la tinción de raíces (Phillips y Hayman, 1970) y la cuantificación según Giovanetti y Mosse (1980), número de esporas hongos glomales/100 g suelo (Sieverding, 1991). También las poblaciones de bacterias solubilizadoras de fosfato (Toro *et al.*, 2001).

**Análisis estadístico:** Se realizó la prueba de homogeneidad de varianza para analizar las variables de cuantificación de micorrizas y poblaciones microbianas, aplicando un ANOVA de una vía. Las diferencias significativas se evidenciaron colocando un asterisco al lado de cada resultado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud de raíz micorrizada en *S. bicolor* mostró valores muy bajos (2-8% LRM) durante el primer año de medición (Cuadro 1) e incrementó ligeramente luego de 3 años de aplicación de los tratamientos (Cuadro 2).

A pesar del leve incremento (hasta 15% LRM) de algunos tratamientos después de 3 años de medición (todos los sembrados en la condición SR), en ninguna de las mediciones se obtuvieron valores que permitan considerar una colonización notable en las raíces del sorgo (50% o mayor de LRM).

La colonización radical por MA puede producirse a partir de los siguientes propágulos infectivos: esporas y micelio de los hongos Glomales; raicillas de las plantas colonizadas por micorrizas presentes en el suelo (Sieverding, 1991).

Considerando el bajo valor de %LRM que alcanzó el sorgo en cada caso (2-8% LRM), se concluye que: 1) la densidad natural de propágulos infectivos de la MA en la sabana eran originalmente bajos.

**CUADRO 1.** Porcentaje de longitud de raíz micorrizada (%LRM) y número de esporas viables en 100 g de suelo rizosférico de *Sorghum bicolor* para el año 2001.

Tiempo	Residuos	Tratamiento	% LRM	Nº esporas / 100 g suelo
	Residuos de Leguminosas	T1	8	782*
		T2	5	2016
		T3	6	2336
	Residuos de Gramíneas	T1	7	3356*
		T2	2	3094
		T3	4	288*
	Sin residuos	T1	5	1612
		T2	2	1430
		T3	7	314*

**T1: Control; T2: roca fosfórica; T3: fosfato diamónico; T4= Azufre + Roca fosfórica**

\* Indica diferencias significativas a través de la prueba de ANOVA por la desviación estándar registrada.

**CUADRO 2.** Porcentaje de longitud de raíz micorrizada (%LRM) de *Sorghum bicolor* y número de esporas viables en 100 g de suelo para el año 2004, a tres años de establecido el cultivo.

Tiempo	Residuos	Tratamiento	% LRM	Nº esporas / 100 g suelo
	Residuos de Leguminosas	T1	10	142*
		T2	12	280
		T3	6	221
		T4	7	160
	Residuos de Gramíneas	T1	8	121
		T2	8	278*
		T3	6	315*
		T4	4	257
	Sin residuos	T1	14	177
		T2	15	235*
		T3	12	188
		T4	14	169

**T1: Control; T2: roca fosfórica; T3: fosfato diamónico; T4= Azufre + Roca fosfórica**

\* Indica diferencias significativas a través de la prueba de ANOVA por la desviación estándar registrada.

2) el manejo agronómico al que estuvo sometido el agrosistema antes de la implantación del manejo sustentable al que se somete ahora, habría sido perjudicial a dichos propágulos afectando su cantidad inicial, no siendo evidente aún el efecto de la aplicación de los abonos verdes.

La preparación del suelo para el establecimiento de las parcelas con los tratamientos de abonos verdes y fertilización requirió de un pre-tratamiento que incluyó deforestación de la vegetación y acondicionamiento del suelo, lo cual puede causar un impacto negativo en la abundancia de los propágulos de MA (Toro y López-Hernández, 1998).

Todo lo expuesto anteriormente junto con el efecto de fertilización química, puede haber disminuido el potencial infectivo de MA en el suelo, incidiendo en el bajo %LRM registrado en el sorgo en todos los tratamientos (Cuadro 1).

En sus trabajos, Dodd *et al.* (1990), Bethlenfalvay y Linderman (1992), Sieverding (1991) y Tarafdar y Rao (2002) indicaron que el tipo de manejo agronómico que haya recibido el sistema puede favorecer o no la abundancia de propágulos de la MA. El tenor de este valor está directamente relacionado con el %LRM de las plantas.

El número de esporas de hongos Glomales/100 g suelo disminuyó en todos los tratamientos para la medición a los 3 años de manejo, lo cual también indicaría la afectación de este propágulo por el manejo aplicado.

También es importante considerar que la presencia de la MA está relacionada con el contenido de fósforo en el suelo (Barea, 2001; López-Gutiérrez *et al.*, 2001). Por lo general, bajos contenidos de fósforo en el suelo favorecen el establecimiento de la simbiosis micorrízica incrementando la colonización de las raíces de las plantas y favoreciendo la reproducción de las esporas; por el contrario, un alto contenido de fósforo en el suelo incide en la disminución de la simbiosis en las raíces de las plantas (Bowen y Rovira, 1999; Barea, 2001).

En este caso, se considera que los tratamientos de fertilización fosforada pudieron afectar el establecimiento de la MA en el sorgo, lo cual en combinación con la intensidad de manejo agronómico aplicado habría incidido en el bajo % de colonización por MA (2-8% LRM durante el primer año de medición) y la disminución del número de esporas (hasta 121 esporas/ g suelo, en el tratamiento T1 con residuo de gramíneas).

Un leve incremento del %LRM del sorgo se registró en todos los tratamientos SR (Cuadro 2) en la segunda medición, indicando que aún en ausencia de siembra de abonos verdes y aplicación de tratamientos de fertilización, la micotrofia de la vegetación natural puede haber favorecido la colonización por MA del cultivo problema.

El manejo conservacionista tiene efectos importantes sobre la condición del suelo, que serían más evidentes a medida que pase el tiempo de aplicación. Desde el punto de vista nutricional, al incrementarse el contenido de elementos y materia orgánica del suelo. Desde el punto de vista biológico afectando positivamente a las MA. La siembra de coberturas, el corte de la parte aérea y su posterior incorporación al suelo dejando *in situ* las raíces de las plantas, traerá como consecuencia inmediata el enriquecimiento progresivo del banco de raicillas colonizadas por MA en la zona de siembra del cultivo.

En la medida en que la planta tenga una mayor micotrofia ó afinidad por la MA, la colonización por MA de las raicillas será mayor; por lo tanto, una selección adecuada de las especies utilizadas como coberturas o abonos verdes permitirá incrementar el banco de raicillas en el suelo y su poder de micorrización (Toro y López-Hernández, 1998). Asimismo, ello permitiría producir un incremento del número de esporas de los hongos Glomales y de su micelio en la rizósfera de las plantas. En consecuencia se incrementó el potencial infectivo por MA del suelo, así al paso del tiempo, en el suelo manejado de manera conservacionista habrá una condición cada vez más favorable a la colonización por MA de las raíces de las plantas que vayan a sembrarse como cultivo problema (Sieverding, 1991).

En este caso, muy posiblemente sea necesario un mayor tiempo de aplicación de las prácticas conservacionistas y la disminución de las dosis de fósforo aplicadas como fertilizante para observar un efecto positivo en los propágulos infectivos de la MA en las diferentes parcelas, particularmente el %LRM y el número de esporas.

Es importante considerar que aunque las prácticas conservacionistas aplicadas puedan favorecer la presencia de las MA en los suelos, el conocido efecto positivo sobre los cultivos: incremento de biomasa y producción de la planta, se lograría aplicando micorrizas nativas como biofertilizantes (Dodd, 1999; Sylvia, 1999). Ello permitiría que una mayor cantidad de propágulos infectivos de MA estén en contacto con la raíz y el establecimiento exitoso de la simbiosis.

Aunque el manejo conservacionista aplicado favoreció algunos de los parámetros biológicos del suelo considerados en este estudio, éste debe venir acompañado de la aplicación de la MA como inoculante (Sylvia, 1999) y de la regulación de la cantidad de fósforo en el suelo para facilitar que el cultivo establezca la simbiosis micorrízica y tenga mayor productividad (Hamel, 1996; Sánchez y Salinas, 1983). Este hecho comprende la aplicación de nuevas tecnologías en la agricultura que redundarán en la obtención de agroecosistemas sustentables con suelos más sanos y en beneficio económico para los productores.

A 3 años de manejo se determinó un incremento en la proporción de bacterias solubilizadoras de fosfato cálcico en la rizósfera del sorgo (Cuadro 3). La presencia de este tipo de bacterias resulta altamente favorecedora para el movimiento de elementos en el suelo, pues gracias a su capacidad de solubilización de fosfatos insolubles como el fosfato cálcico, aumenta el contenido de fósforo disponible en la solución del suelo y mejora la condición nutricional de la planta (Bowen y Rovira, 1999; Curl y Truelove, 1986; Casanova *et al.*, 2002).

La presencia de las leguminosas como cobertura incidió en las poblaciones de éstas bacterias. Probablemente la riqueza en exudados rizosféricos de las leguminosas y/o en nutrimentos minerales favoreció este aspecto (Andrade, 1999). Se identificaron las especies *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus circulans* y *Burkholderia cepacia* como bacterias capaces de solubilizar fosfato cálcico. Estas bacterias han sido descritas por varios autores con alta capacidad solubilizadora de fosfatos (Curl y Truelove, 1986; Kucey *et al.*, 1989; Kloepper y Beauchamp, 1992) y de eficiente interacción con las MA (Andrade, 1999; Toro *et al.*, 1997). Su presencia en los suelos estudiados indicarían la idoneidad de su utilización como biofertilizantes en los agroecosistemas tropicales de suelos ácidos.

## CONCLUSIONES

- A tres años de aplicación del manejo conservacionista, los parámetros %LRM y número de esporas de hongos Glomales no se favorecieron significativamente. Posiblemente se requiera un mayor lapso de tiempo de observación para que estos parámetros muestren un incremento.

**CUADRO 3.** Abundancia de bacterias totales y solubilizadoras de fosfato cálcico (ufc/g suelo) en la rizósfera del cultivo indicador: *Sorghum bicolor*, antes del corte en los años 2001 y 2004 (a 1 y 3 años, respectivamente, de establecido el cultivo).

Coberturas	Fertilización química	Año 2001		Año 2004	
		Bacterias Totales	Bacterias solubilizadoras de P-Ca	Bacterias Totales	Bacterias solubilizadoras de P-Ca
Sin residuos	T1	2x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>3</sup>	7,3x10 <sup>6</sup>	2,5x10 <sup>4</sup>
	T2	1,2x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>2</sup> *	8,2x10 <sup>6</sup>	5,10 <sup>4</sup>
	T3	2x10 <sup>6</sup>	–	5,8x10 <sup>6</sup>	2,5x10 <sup>4</sup>
	T4	–	–	1,6x10 <sup>7</sup>	–
Residuos de gramíneas	T1	3x10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	9x10 <sup>6</sup>	–
	T2	2,3x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>3</sup>	8,7x10 <sup>6</sup>	–
	T3	4x10 <sup>6</sup>	–	5,6x10 <sup>6</sup>	2,5x10 <sup>4</sup>
	T4	–	–	9x10 <sup>6</sup>	2,5x10 <sup>4</sup>
Residuos de leguminosas	T1	2x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>3</sup>	4,2x10 <sup>6</sup>	–
	T2	2x10 <sup>6</sup>	10 <sup>2</sup> *	6x10 <sup>6</sup>	–
	T3	10 <sup>6</sup>	–	6x10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> *
	T4	2x10 <sup>6</sup>	–	1,5x10 <sup>7</sup>	1,8x10 <sup>5</sup> *

T1= Control; T2= Roca fosfórica; T3= Fosfato diamónico; T4= Azufre + Roca fosfórica

\* Indica diferencias significativas a través de la prueba de ANOVA por la desviación estándar registrada.

- El manejo aplicado favoreció la presencia de bacterias solubilizadoras de fosfato en la rizósfera de *S. bicolor*, las cuales pudieron ser identificadas y aisladas para su futura utilización como biofertilizantes.
- La presencia de estas bacterias en la rizósfera de los cultivos es beneficiosa, pues favorecen la movilización de nutrimentos poco disponibles como el fósforo para el consumo de la planta. Estos resultados permiten sugerir la aplicación de un manejo conservacionista integrado que involucre el mejoramiento de las condiciones biológicas del suelo, la aplicación de MA como inoculante en combinación con la disminución de los tenores de fósforo en el suelo a través de la fertilización química.
- Una combinación de la fertilización química y biológica que permita evidenciar el efecto de los microorganismos y una racional aplicación de las enmiendas químicas conducirán hacia el verdadero manejo sustentable de los agroecosistemas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, G. 1999. Interacciones microbianas en la rizósfera. **In:** Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships. Siqueira, J.; Moreira, F.; Lopes, A.; Guilherme, L.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. and Carvalho, J. Editors. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Lavras, Brasil. 551-576 p.
- Barea, J. M. 2001. Interacciones ecológicas de los microorganismos en el suelo y sus implicaciones en agricultura. **In:** Labrador Moreno, J. y Altieri, M.A. Agroecología y desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Ediciones Mundi-prensa, Cáceres, 165-184 p.
- Barea, J. M and C. Azcón-Aguilar. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Advances in Agronomy* 36:1-54 p.
- Bethlenfalvay, G. J. and R. G. Linderman. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA. Spec. Publ, Madison, Wisconsin.
- Bowen, G. D. and A. D. Rovira. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Advances in Agronomy* 66:1-102 p.
- Casanova, E., A. M. Salas and M. Toro. 2002. The use of nuclear and related techniques for evaluating the agronomic effectiveness of phosphate fertilizers, in particular rock phosphate, in Venezuela: initial available P and its changes in soils amended with rock phosphate. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 63:13-20.
- Curl, E.A. and B. Truelove. 1986. The rhizosphere. Springer-Verlag (Eds). Berlín. 323 p.
- Dodd, J. C. 1999. Recent advances in understanding the role of arbuscular micorrizas in plant production. **In:** Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships. Siqueira, J.; Moreira, F.; Lopes, A.; Guilherme, L.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. and Carvalho, J. Editors. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Lavras, Brasil. 687-704 p.
- Dodd, J. C., I. Arias, I. Koomen and D. S. Hayman. 1990. The management of populations of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. *Plant and Soil*. 122:229-240.
- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytologist*. 84:489-500.
- Hamel, C. 1996. Prospects and problems pertaining to the management of arbuscular mycorrhizae in agriculture. *Agric. Ecosyst. Environm.* 60:197-210.
- Kloepper, J. W. and C. Beauchamp. 1992. A review of issues related to measuring colonization of plants roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 38:1 219-1 232.
- Kucey, R. M. N., H. H. Janzen and Leggett, M.E. 1989. Microbially mediated increases in plant-available phosphorus. *Advances in Agronomy*. 42:199-228.
- López-Gutiérrez, J. C., M. Toro y D. López-Hernández. 2001. Micorrizas arbusculares y actividades enzimáticas en la rizósfera de *Trachypogon plumosus* Ness en tres sabanas de suelos ácidos. *Acta Biológica Venezuelica*. 21:49-57.
- Phillips, J. M. y D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55:158-161.

Sánchez, P. y G. Salinas. 1983. Suelos ácidos y estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. SCCS. Bogota, Colombia. 93 p.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. GTZ, Germany, 371 p.

Sylvia, D. 1999. Fundamentals and applications of arbuscular mycorrhizae: a biofertilizer perspective. **In:** Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships. Siqueira, J.; Moreira, F.; Lopes, A.; Guilherme, L.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. and Carvalho, J. Editors. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Lavras, Brasil. 705-724 p.

Tarafdar, J. C. and A. Rao. V. 2002. Possible Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Development of Soil Structure. **In:** Arbuscular Mycorrhizae. Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. Sharma, A.K. and Johri, B.N. Editores. Science Publishers, Inc. Enfield, USA. 186-206 p.

Toro, M., Azcón, R. and J. M. Barea. 1997. Improvement of Arbuscular Mycorrhizal development by inoculation with Phosphate Solubilizing Rhizobacteria to benefit rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. *Applied and Environmental Microbiology*. 63(11):4 408-4 412.

Toro, M., Blones, J. y I. Hernández-Valencia. 2001. Dinámica del fósforo y actividad biológica en las micorrizósferas de dos ecosistemas adyacentes con vegetación y suelos contrastantes. *Acta Biol. Venez.* 21(2):21-28.

Toro, M. y D. López-Hernández. 1998. Potencialidades del manejo de las Micorrizas Arbusculares para el desarrollo sostenido de los sistemas agrícolas de bajos insumos del ecotono sabana-bosque amazónico. **In:** Carrillo, R J. (Compilador). Memorias del IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente realizado en Caracas, Venezuela, entre el 8 y 11 de diciembre de 1997. Colección Simposia. p. 222-227.

# IDENTIFICACIÓN DE DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS RELEVANTES PARA LA DISTINCIÓN DE VARIEDADES Y LÍNEAS ÉLITES DE ARROZ VENEZOLANO CON FINES DE PROTECCIÓN INTELECTUAL<sup>1</sup>

## IDENTIFICATION OF MORPHOLOGICAL DESCRIPTORS RELEVANT FOR THE DISTINCTIVENESS OF RICE VENEZUELAN VARIETIES AND ADVANCED LINES WITH AIMS OF INTELLECTUAL PROTECTION<sup>1</sup>

María A. Montoya Aramburu\*, Nohelia Rodríguez\*, Iris Pérez-Almeida\* y Carlos Marín\*\*

<sup>1</sup> Esta investigación fue financiada por el Subproyecto 2004000369 "Aplicación de la biotecnología como herramienta de apoyo al mejoramiento genético del arroz en Venezuela con miras a aumentar la resistencia a estrés biótico y la calidad de grano" Aprobado por el MCT- FONACIT, y recibió completo apoyo del INIA-CENIAP (Unidad de Biotecnología, Unidad de Recursos Fitogenéticos), INIA-Portuguesa, la Fundación DANAC, pasantes de la UCV-FAGRO, y UCV-CIBA.

\*Investigadoras y \*\*TAI. INIA. Unidad de Biotecnología, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo 4653. Maracay 2101-A, estado Aragua. Venezuela

E-mail: mmontoya@inia.gob.ve; nrodriguez@inia.gob.ve; iperez@inia.gob.ve y cmarin@inia.gob.ve.

### RESUMEN

La caracterización varietal, la certificación y la protección intelectual se establecen por una serie de descriptores morfológicos, químicos y fisiológicos, los cuales permiten el cumplimiento de los requisitos de los ensayos de distinguibilidad, uniformidad y estabilidad. El arroz, *Oryza sativa* L., es un cereal de importancia en Venezuela, al cual se realizan continuos planes de mejoramiento+ en búsqueda de variedades con mejores características. En este trabajo se caracterizaron 45 materiales de arroz venezolanos sembrados en campo en un ensayo alfa lattice, con dos repeticiones, en la localidad de Araure, en la época febrero a julio de 2005, se incluyeron 13 variedades comerciales y 32 líneas élites de los programas nacionales de mejoramiento, determinando que de los 41 descriptores sugeridos por la Unión de Protección de Obtentores Vegetales (UPOV) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), durante las etapas de floración, maduración y poscosecha (calidad de semilla, culinaria y de molinería) sólo 16 caracteres: longitud del limbo, días a floración, número de panículas por planta, longitud de panícula, longitud, ancho y espesor del grano, peso de 1 000 granos, color de carióspside, número de granos llenos y vanos por panícula, resistencia al acame, porcentaje de grano entero, grano yesoso y grano panza blanca y contenido de amilosa, aportan mayor peso en la varianza total para identificar los materiales bajo las condiciones ambientales estudiadas.

**Palabras Clave:** *Oryza sativa* L.; variedades; descriptores morfológicos; derechos de obtentor; propiedad intelectual.

### SUMMARY

Varietal characterization, certification and intellectual property rights are established by a series of morphological, chemical and physiological descriptors, which allow the fulfillment of the requirements of distinction, uniformity and stability tests. Rice is an important cereal in Venezuela permanently undergoing genetic improvement in search of varieties with better qualities. In this work, 45 Venezuelan rice materials were characterized. They were planted in Araure during February to July 2005 using an alpha lattice design with two replications. Plant materials included 13 commercial varieties and 32 elite lines from the National Breeding Programs. It was determined that among the 41 descriptors suggested by the Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) and International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), during the stages of flowering, maturation and post harvesting (seed, culinary and milling quality), only 16 characters contribute with greater weight to the total variance in order to discriminate the materials under the studied environmental conditions; these were limb length; days to flowering; number of panicles per plant; panicle length; width, thickness and length of the grain; weight of 1 000 grains; color of caryopsides; number of full and vain grains per panicle; culm strength; whole grain, chalky grain and white belly grain percentages; and amylose content.

**Key Words:** *Oryza sativa* L.; varieties; morphological descriptors; breeder's rights; intellectual property.

## INTRODUCCIÓN

Desarrollar una variedad de arroz, *Oryza sativa* L., mediante técnicas tradicionales toma en promedio unos 10 años, desde que se efectúa el cruzamiento inicial hasta que la variedad está lista para ser lanzada al mercado (Cabrera, 1996). En consecuencia, se requiere una alta inversión de recursos financieros y humanos. Debido a ello, los esfuerzos de los individuos e instituciones son reconocidos a través del derecho de obtentor, este es un concepto desarrollado en el último siglo el cual surge por la necesidad de incentivar la actividad creadora del mejorador (Díaz, 1999). Una persona natural o jurídica puede obtener una creación genética; la cual es inscrita en el Registro Nacional de Variedades Protegidas y mientras se encuentre en vigor, es el único ente que puede autorizar su reproducción (Ley de Semillas, 2002).

La Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), entró en vigencia en 1968, siendo los primeros países adherentes del continente europeo. Actualmente hay 37 estados miembros (Díaz, 1999). Aún cuando Venezuela no es miembro del convenio, se rige por la legislación de protección ejercida por el Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual (SAPI) el cual a través del Servicio Nacional de Semillas (SENASEM) debe realizar las pruebas de novedad que incluyen: distinción, homogeneidad y estabilidad (DUE), así como aprobar la designación genérica de acuerdo a los lineamientos de la decisión 345 (Régimen Común de Protección de los Derechos de Obtentores Vegetales) la cual es una norma subregional, inspirada en el sistema de protección varietal UPOV (Márquez, 2004).

Para comercializar nuevas variedades en Venezuela éstas deben ser inscritas ante SENASEM, con el objeto de certificarlas, verificarlas oficialmente y mantener la identidad genética, pureza, calidad y sanidad de las semillas (MAT, 1986).

Tanto la certificación, como la norma UPOV establecen una serie de descriptores morfológicos, químicos y fisiológicos que permiten el cumplimiento de los requisitos DUE. Según la UPOV (2004) una variedad se considerará distinta, si se diferencia claramente de cualquiera otra cuya existencia fuese comúnmente conocida. A la fecha de presentación de la solicitud o de la prioridad reivindicada, una variedad se considerará homogénea si es suficientemente uniforme en sus caracteres esenciales, teniendo en cuenta las variaciones previsibles según su forma de reproducción, multipli-

cación o propagación; y se considera estable si sus caracteres esenciales se mantienen inalterados de generación en generación y al final de cada ciclo particular de reproducciones, multiplicaciones o propagaciones.

La UPOV propone un manual que incluye las directrices para la ejecución del examen DUE, indicando la cantidad de material necesario, duración, lugar y condiciones para la ejecución de los ensayos (UPOV, 2004).

De la misma manera el SAPI y SENASEM realizan Ensayos Regionales Uniformes de Arroz (ERU) los cuales incluyen la evaluación de características asociadas al rendimiento, comportamiento agronómico, calidad de grano y calidad molinera.

Los caracteres evaluados son un conjunto de descriptores morfológicos sugeridos por organismos internacionales como el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la UPOV con el fin de describir exactamente el fenotipo de la planta de arroz (Muñoz *et al.*, 1993).

En Venezuela se han liberado variedades de las cuales: Llanero 501, Chollet, Acarigua 50, Portuguesa I, Portuguesa II, y Llanero mejorado, fueron liberadas entre 1953 y 1970 provenientes de cruces simples y recíprocos llevados a cabo por institutos de investigación del Estado (Álvarez *et al.*, 2004).

De 1970 al 2007 fueron liberadas las variedades ARAURE 1, ARAURE 2, CIARLLACEN, ARAURE 3, ARAURE 4, PALMAR, CIMARRÓN, FONAIAP 1, FONAIAP 2000, FUNDARROZ PN1, VENEZUELA 21 y CENTAURO, provenientes de la evaluación y selección de materiales introducidos, programas locales de cruces simples y triples realizados por el Estado o en alianzas estratégicas con instituciones del entorno<sup>1</sup>.

El mejoramiento privado, realizado por Fundación DANAC, Asociación de productores Chispa y FUSAGRI MIDA, entre otros, ha liberado algunas variedades de importancia comercial como D-PRIMERA, D-SATIVA y D-ORYZA de la Fundación DANAC (Torrealba *et al.*, 2005), ZETA 15 de FUSAGRI-MIDA, y BUTZINA de Productores Asociados Chispa<sup>2</sup>.

El arroz es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial. Las estadísticas de la FAO (2005) indican una producción de 617 941 079 t siendo los principales países productores China e India. En América Latina los principales países productores son Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Pantoja *et al.*, 1997).

1-2. Doctora Nelly Delgado. Mejoradora de arroz. 2006. INIA Portuguesa. Comunicación personal.

El arroz pertenece a la familia de las Poaceae, del género *Oryza*, especie *Oryza sativa* L. (GRAMENE, 2005) y posee tres subespecies: Indica, Javánica y Japónica. En Venezuela se produce el tipo Indica, sembrada bajo inundación y con un ciclo que varía entre 110 -150 días (Páez, 2004).

En este trabajo de investigación tiene como objetivo la evaluación de materiales de arroz usando los descriptores sugeridos por la UPOV y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), para determinar, basados en las condiciones locales agroecológicas, las características más relevantes que permitan discernir y cumplir con el requisito de distinción entre las variedades y líneas élites de arroz de Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Vegetal

Se utilizaron 45 materiales de arroz (Cuadro 1) incluyendo 13 variedades comerciales venezolanas y líneas élites de los programas de mejoramiento de instituciones de mejoramiento del país.

### Ensayo experimental en campo

El ensayo se sembró en una parcela experimental del Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa (CIAEP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) situado en Araure, en el mes de febrero (época seca) y la cosecha se llevó a cabo durante el mes de junio (época de lluvias) de 2005.

**CUADRO 1.** Denominación, estatus y procedencia de variedades y líneas élites de arroz utilizados en el ensayo de identificación de descriptores morfológicos para distinguir los materiales de Venezuela.

Nº	Denominación	Tipo de material	Procedencia	Nº	Denominación	Tipo de material	Procedencia
1	FD-1	LE	FD	24	VI/04	LE	VI
2	FD-2	LE	FD	25	PN00A007	LE	PN
3	FD-3	LE	FD	26	FUNDARROZ PN1	VAR	PN
4	FD-4	LE	FD	27	PN00A017	LE	PN
5	FD-6	LE	FD	28	PN01A013	LE	PN
6	FD-7	LE	FD	29	VI/21-4	LE	VI
7	FD-8	LE	FD	30	FONAIAP-1	VAR	INIA
8	FD-9	LE	FD	31	FONAIAP-2000	VAR	INIA
9	FD-10	LE	FD	32	PN00A0022	LE	PN
10	FD-11	LE	FD	33	ARAURE-4	VAR	INIA
11	FD-12	LE	FD	34	ARAURE-50	VAR	INIA
12	FD-13	LE	FD	35	PALMAR	VAR	INIA
13	FD-14	LE	FD	36	VENEZUELA-21	VAR	PN
14	FD-15	LE	FD	37	CENTAURO	VAR	PN
15	FD-16	LE	FD	38	F6417-6	LE	PN
16	FD-17	LE	FD	39	F6418-1	LE	PN
17	FD-18	LE	FD	40	F6510-6	LE	PN
18	FD-19	LE	FD	41	ARAURE-1	VAR	INIA
19	D-ORYZA	VAR	FD	42	L-36	LE	PAC
20	D-SATIVA	VAR	FD	43	L-30-30	LE	PAC
21	D-PRIMERA	VAR	FD	44	LINEA-1	LE	PAC
22	CIMARRON	VAR	INIA	45	LINEA-13	LE	PAC
23	PN00A14B	LE	PN				

\* LE=línea élite; VAR= variedad comercial; PN: Plan Nacional; FD: Fundación DANAC; PAC= Productores Asociados Chispa; VI= Vivero Italiano

Se utilizó semilla pregerminada y se efectuó el trasplante al campo a los 27 días. La fertilización se realizó a los 8 días después del trasplante (DDT), aplicando 350 kg ha<sup>-1</sup> de fórmula completa N-P-K (15-15-15).

Posteriormente se ejecutaron 3 reabonos con urea, 60 kg ha<sup>-1</sup> a los 25 DDT, y 45 kg ha<sup>-1</sup> a los 40 DDT y 60 DDT, respectivamente. El control de malezas se efectuó a los 5 DDT, con una aplicación de Metsulfuron metil (40 g ha<sup>-1</sup>) para malezas acuáticas, Bentazon (2 l ha<sup>-1</sup>) para ciperáceas, Propanil (5 l ha<sup>-1</sup>) y Clomazone (1 l ha<sup>-1</sup>) para gramíneas. Para el control de *Spodoptera frugiperda* se aplicó Lambdacihalotrina a razón de 300 ml ha<sup>-1</sup> a los 5 DDT.

### Diseño experimental en campo

La siembra se realizó con un diseño alfa látice, cada parcela con 4 hileras de 5 m de largo y 0,3 m de separación. La hilera estuvo formada aproximadamente por 25 plantas con una separación de 0,2 m. Las hileras centrales constituyeron el área efectiva de muestreo.

Las observaciones poscosecha se realizaron en el laboratorio de semillas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (Maracay, estado Aragua) y en el laboratorio de calidad de grano de la Fundación DANAC (San Javier, estado Yaracuy).

### Caracterización morfológica

A partir de 65 descriptores listados por la UPOV (UPOV, 2004) y 62 descriptores recomendados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) según Muñoz *et al.* (1993) y basados en experiencias previas en campo, se seleccionaron 41 descriptores a floración, maduración y poscosecha (Cuadro 2). Todas las observaciones se realizaron sobre 20 plantas al azar ubicadas en los hilos centrales de cada tratamiento.

La normalidad de las variables se analizó con el software Statistix® versión 8,0 (2003). A través del análisis de varianza (ANAVAR) se determinó el nivel de significación de las variables y aquellas con  $P < 0,05$  fueron utilizadas para el análisis de asociación de componentes principales (ACP) de la varianza total (VT), en función a los criterios de Frontier.

Seguidamente se realizó un perfil de las variables de mayor correlación para obtener un gráfico de doble representación (Biplot) para las áreas en estudio y el agrupamiento de los materiales de arroz por medio de

estas variables. Los gráficos de ACP permitieron analizar la variabilidad e identificar asociaciones entre observaciones inclusive entre variables, seguidamente se realizó el análisis de conglomerados para obtener el agrupamiento de los materiales, dichas pruebas se efectuaron con el software InfoStat® versión 1,1 (Universidad de Córdoba, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Selección de variables morfológicas

Las variables cuantitativas días a floración, capacidad de macollamiento, longitud, ancho y porte del limbo, altura de planta, porte del macollo, excursión y densidad predominante de la panícula, longitud de la panícula, número de granos llenos y vanos por panícula, resistencia al acame, peso de 1 000 granos, largo, ancho y espesor del grano, humedad de cosecha, porcentaje de germinación, contenido de amilosa, porcentaje de granos enteros, yesosos y panza blanca y las variables cualitativas vellosoidad de la vaina foliar y color de cariósipide, son las que permitieron la obtención de diferencias estadísticas significativas entre los materiales.

En uno de sus investigaciones Miezán (1986) coincide con estos resultados, indicando que las características cuantitativas son las mejores para diferenciar materiales de arroz, señala en su estudio basado en tres subespecies de arroz, que la mayor discriminación la logró con número de granos por panícula, número de macollos secundarios, peso de 1 000 granos, ancho del grano, días a floración, largo de grano y proporción largo/peso del grano, todas incluidas entre las de mayor aporte a la VT de este ensayo.

Las variables que no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) fueron básicamente caracteres cualitativos, incluidos: intensidad del color verde de la hoja; pigmentación antociánica de la hoja, de la vaina de la hoja, de las aurículas, del nudo y del entrenudo; forma y color de la lígula; porte de la panícula en relación al tallo; presencia, tamaño y distribución de las aristas; color predominante del ápice del grano apical, esto probablemente debido a que las variables cualitativas suelen estar regidas por un solo gen y resultan poco afectadas por el medio genético o físico, lo cual las hace fácilmente identificables y relativamente estables sobre todo en las variedades que poseen similitud y han sido mejoradas para un mercado común (Franquet y Borrás, 2004).

**CUADRO 2.** Descriptores utilizados para la caracterización morfológicos y distinguibilidad de los materiales de Venezuela.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Días a floración</b>	Entendido como el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas se encuentren en 50% de floración.
<b>Intensidad del color verde de la hoja (LBC)</b>	Color en el tercio medio de la hoja debajo de la hoja bandera.
<b>Pigmentación antocianica de la hoja</b>	Se observó su ausencia o presencia en la segunda hoja.
<b>Longitud del limbo de la segunda hoja (LL)</b>	Distancia medida desde la zona de unión de la vaina con el tallo hasta la punta de la lámina foliar en la segunda hoja del tallo más alto.
<b>Ancho del limbo de la segunda hoja (LW)</b>	Distancia, medida de borde a borde en el lugar más ancho de la lámina en la segunda hoja del tallo más alto.
<b>Porte del limbo de la hoja bandera (FLA)</b>	Angulo formado entre la hoja bandera y la prolongación vertical del pedúnculo floral en el tallo más alto de la planta.
<b>Capacidad de macollamiento (CN)</b>	Cantidad de hijos de las plantas.
<b>Porte del macollo</b>	Ángulo con respecto a la línea perpendicular imaginaria que pasa por el centro de la planta.
<b>Pigmentación antocianica de la vaina de la hoja</b>	La ausencia o presencia en la vaina de la segunda hoja.
<b>Vellosidad de la vaina foliar (LBP)</b>	Se observó sobre el haz de la segunda hoja en el tallo más alto de la planta.
<b>Pigmentación antocianica de las aurículas</b>	Ausencia o presencia en la aurícula del tercio medio de la planta.
<b>Forma de la lígula(LS)</b>	Se clasificó sobre un área representativa del tercio medio de la planta.
<b>Color de la lígula (LgC)</b>	Se observó en el tallo más alto de la planta.
<b>Pigmentación antocianica de los nudos</b>	Ausencia o presencia observada en el segundo nudo por debajo del nudo ciliar del tallo más alto de la planta.
<b>Pigmentación antocianica de los entrenudos</b>	Se observó en el tercio medio del entrenudo comprendido entre el segundo y tercer nudo por debajo del nudo ciliar del tallo más alto de la planta.
<b>Senescencia de la hoja (Sen)</b>	Apreciación en porcentaje de las plantas verdes a cosecha.
<b>Rendimiento (YLD)</b>	Se pesa el área efectiva cosechada y se lleva a kg ha <sup>-1</sup> , luego se modifica según la humedad de cosecha.
<b>Altura de planta (Ht)</b>	Distancia desde el suelo hasta el ápice de la panícula del tallo más alto de la planta.
<b>Porte de panícula en relación al tallo (CmA)</b>	Ángulo formado por el pedúnculo y el raquis de la panícula; número de panículas por planta, total de panículas por planta de arroz.

../... continúa

../... continuación CUADRO 2.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Excursión de la panículas (ExS)</b>	Se observó la posición del nudo ciliar con respecto a la vaina de la hoja bandera.
<b>Densidad predominante de la panícula (PnBr)</b>	Se observó la panícula del tallo más alto de la planta.
<b>Longitud de la panícula (PnL)</b>	Distancia desde la base de la panícula hasta el ápice de la misma del tallo más alto de la planta.
<b>Color predominante del ápice del grano apical de la panícula (LmPC)</b>	Se observó en la panícula del tallo más alto de la planta.
<b>Resistencia al acame(Cs)</b>	Es el porcentaje de plantas que recupera su posición original al bajar los tallos a unos 30 cm del suelo.
<b>Aristas</b>	Se observó su presencia o ausencia.
<b>Distribución de las aristas (An)</b>	Se clasificó según su posición en la panícula.
<b>Tamaño de las aristas</b>	Longitud de la arista más larga de la panícula.
<b>Número de granos por panícula</b>	Se contó el número total de granos llenos de la panícula.
<b>Número de granos vanos por panícula</b>	Se contó el número total de granos vanos de la panícula.
<b>Peso de 1000 granos (GW)</b>	Se tomó al azar muestras de 1000 granos enteros bien desarrollados y con un contenido de humedad de 14%.
<b>Color del cariósido (SCC)</b>	Según tabla de colores (Muñoz <i>et al.</i> , 1993).
<b>Longitud del grano (Len)</b>	Distancia desde la base de la gluma estéril más baja, hasta el ápice de la gluma fértil más larga.
<b>Espesor del grano</b>	Distancia entre las paredes laterales del grano.
<b>Ancho del grano (GrW)</b>	Distancia entre las nervaduras centrales de la lemma y la palea, en el punto más ancho.
<b>Pruebas de calidad de semilla</b>	Porcentaje de germinación y humedad al momento de cosecha.
<b>Pruebas de calidad de grano</b>	Porcentaje de granos enteros; porcentaje de granos yesosos y porcentaje de granos panza blanca, de 200 g de arroz paddy descascarados y pulidos.
<b>Pruebas de calidad culinaria</b>	Contenido porcentual de amilasa ( <i>Amy</i> )

Por otro lado, se encontró que el rendimiento de los materiales no mostró diferencias estadísticas significativas, a pesar de ser una variable altamente afectada por el ambiente, este resultado es posible entre muchos otros dado que no se considero la interacción genotipo-ambiente (Vega, 1988).

El fenómeno de homogeneidad de la característica se puede atribuir a la semejanza de los objetivos en los programas de mejoramiento, pues para que una variedad permanezca en el mercado o una línea élite sea elegible deben tener un rendimiento superior al promedio nacional. Respecto a la senescencia de las hojas por ser un dato de apreciación visual y general sobre el material igual para ambas repeticiones, no resultó significativo a pesar de contar con valores extremos desde 20% hasta 75% para diferentes materiales, con un promedio general de 39%, Jennings *et al.* (2002) indican que a partir de 1958, se realizan cruces de sub-razas indicas con japónicas caracterizadas por ser de follaje oscuro y con poca o ninguna senescencia de la hoja al momento de la cosecha; el color de las hojas y el momento de senescencia se heredan independientemente del estado de maduración, exponiendo que en la actualidad en los programas de mejoramiento de arroz no existe una selección por dicha característica.

**Asociación de componentes principales**

A través de la ACP (Cuadro 3) pudieron seleccionarse 3 factores que explican el 54% de la VT. El espacio de 3 dimensiones generado por la descomposición de la matriz, dio origen a la correlación de 3 dimensiones donde el primer factor explica el 23% de la VT conformado por las variables: largo del grano, longitud de panícula, contenido de amilosa, porcentaje de grano entero, porcentaje de grano yesoso, número de granos vanos por panícula, peso de 1 000 granos y días a floración.

El segundo factor revela el 16% de la VT conformado por las variables: número de granos por panícula, número de panículas por planta y longitud del limbo y el tercer factor expone el 15% de la VT constituido por las variables ancho del grano, espesor del grano, porcentaje de grano panza blanca y color de carióspside (Cuadro 4).

En la doble representación gráfica de variables de alta contribución a la VT (Figura 1), el árbol generado por las 16 variables permite encontrar las relaciones directas e inversas entre los caracteres estudiados en función a su ubicación en el área, permite analizar la variabilidad e identificar asociaciones entre observaciones inclusive

entre variables; donde las variables más cercanas entre sí poseen una relación directa y las más alejadas en sentidos opuestos indican relaciones inversas.

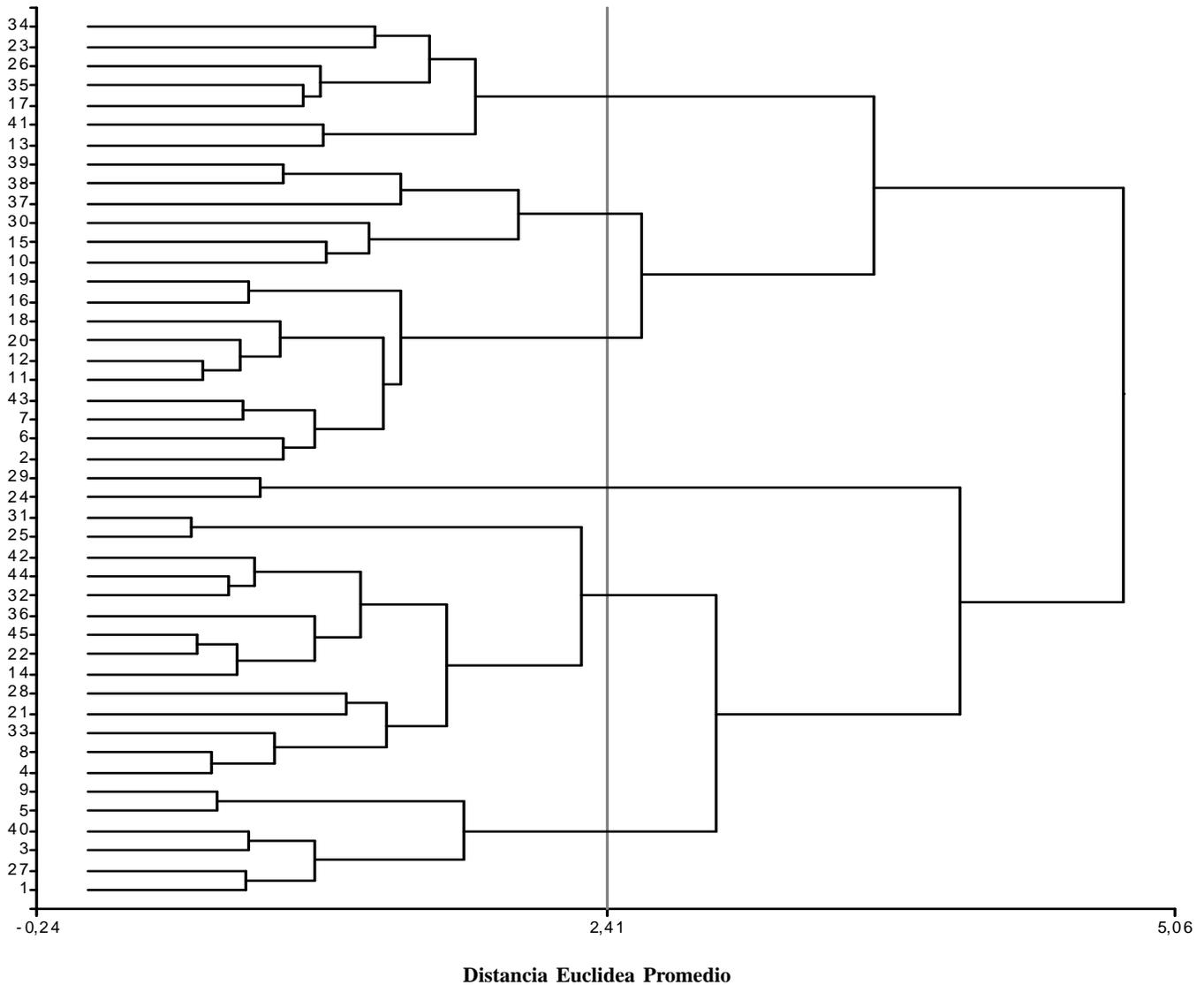
En este contexto se encontró que las variables peso de 1 000 granos, largo de grano y días a floración están relacionadas de forma directa, asimismo, la resistencia al acame con el número de granos por panícula; color del carióspside, con el contenido de granos yesosos y panza blanca. Relacionadas de forma inversa también fue observable las variables espesor del grano con el contenido de amilosa y el número de granos por panícula con número de panículas por planta (Figura 1), de forma que a mayor cantidad de panículas menor será la cantidad de granos por plantas, por eso en este ensayo a pesar de que el número de panículas y el número de granos por panículas sí fue estadísticamente significativo el rendimiento se mantuvo constante, existiendo un equilibrio en la producción del cereal.

De la misma manera se encuentran que el porcentaje de granos enteros esta inversamente relacionados con las características porcentaje de grano yesoso y porcentaje de grano panza blanca (Figura 1).

**CUADRO 3.** Correlación de las 16 variables de mayor aporte a la varianza total utilizados en el ensayo de identificación de descriptores morfológicos que permiten distinguir los materiales de arroz en Venezuela.

Variable	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	3,75	0,23	0,23
2	2,57	0,16	0,39
3	2,34	0,15	0,54
4	1,37	0,09	0,63
5	1,14	0,07	0,70
6	1,03	0,06	0,76
7	0,88	0,05	0,82
8	0,59	0,04	0,85
9	0,55	0,03	0,89
10	0,46	0,03	0,92
11	0,36	0,02	0,94
12	0,35	0,02	0,96
13	0,24	0,01	0,98
14	0,16	0,01	0,99
15	0,14	0,01	0,99
16	0,09	0,01	1,00





**FIGURA 2.** Dendrograma de la caracterización morfológica de las 45 variedades y líneas élites de arroz.

En la Figura 1 cada círculo negro representa un material de arroz y es posicionado en el plano en función al valor que asume cada una de las 16 variables utilizadas en el análisis.

La asociación de los materiales en grupos homogéneos y a su vez compuestos por diversos tipos de entradas como son las líneas élites y variedades, todos provenientes de diferentes fuentes de mejoramiento, permite concluir que estas 16 variables poseen el poder discriminante para diferenciar materiales de arroz (Cuadros 3 y 4).

## CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones agroecológicas de este ensayo es posible distinguir los materiales de arroz estudiados con 16 descriptores morfométricos.
- Veintiséis caracteres resultaron estadísticamente significativos, los cuales fueron en su mayoría variables cuantitativas, incluidas algunas relacionadas con calidad molinera, calidad culinaria y componentes del rendimiento.

- La mayoría de los caracteres cualitativos no permiten distinguir los materiales de arroz, sólo el color del grano cargo (no pulido), demostró importancia debido a su aporte a la varianza total.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R., O. Moreno, N. Delgado, E. Reyes, M. Acevedo, y G. Torrealba. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Pub. INIA. Ed. Alfredo Romero. Maracay. Venezuela. 202 p. (Serie N° 1).
- Cabrera, S. 1996. Mejoramiento de la productividad del Arroz y del Maíz en Venezuela. [Documento en línea]. Consultado diciembre de 2005. Disponible: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd51/mejoramiento1.htm>
- Díaz, Y. 1999. Certificación de materiales vegetales. **In:** Calidad genética y sanitaria. Ed. Daniel Pagliano. Montevideo, Uruguay. IICA-PROCISUR. 100 p.
- GRAMENE. 2005. *Oryza*. [Documento en línea]. Consultado febrero de 2006. Disponible: [http://www.gramene.org/oryza/rice\\_facts.html](http://www.gramene.org/oryza/rice_facts.html)
- InfoStat. 2004. InfoStat software Estadístico. Versión 1.1. Universidad de Córdoba, Argentina.
- Franquet J. y C. Borrás. 2004. Economía del arroz: Variedades y mejora del arroz. Tortosa, España. [Documento en línea]. Consultado diciembre de 2005. Disponible: [www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/](http://www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/)
- Ley de Semillas. Material para la reproducción animal e insumos biológicos. 2002. Decreto de La Asamblea Nacional de la República de Venezuela, Gaceta Oficial N° 37.552. 24 p.
- Márquez, T. 2004. La propiedad Intelectual: Régimen de Protección de los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales. **In:** Seminario Nacional Derechos de Propiedad Intelectual. INIA, Agosto 25 y 26, 2004. Maracay, Venezuela. 13 p.
- Miezan, K. 1986. Genetic structure of african traditional rice cultivars. *Rice Genetics*. IRRI, Manila, Filipinas. p. 91-107.
- Ministerio de Agricultura y Tierra (MAT). 1986. Normas Generales sobre semillas. Resolución Ministerial. MAC DGSDA. N° 159, Gaceta Oficial de Venezuela N° 33.456.
- Muñoz, G., G. Giraldo, y J. Fernández. 1993. Descriptores varietales: Arroz, Fríjol, Maíz y Sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 169 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Dirección de Estadística. 2005. Estadísticas de producción. Consultado marzo de 2006 [Documento en línea]. Disponible: [http://www.fao.org/es/ess/es/index\\_es.asp](http://www.fao.org/es/ess/es/index_es.asp)
- Páez, O. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Edit. Alfredo Romero. Maracay. 202 p. (Serie anuales de Cultivo INIA N° 1).
- Pantoja, A., A. Ramírez y L. Sanint. 1997. Manejo Integrado de Plagas en Arroz, Artrópodos, Enfermedades y Malezas. Capítulo 1. Producción de arroz en América Latina: Área sembrada y costos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT N° 292. 147 p.
- Jennings, R., L. Berrio, E. Torres y E. Corredor. 2002. Una estrategia de mejoramiento para incrementar el potencial de rendimiento en arroz. *FLAR. Foro Arroceros Latinoamericano*. 8(2):10-13.
- Torrealba, G., N. Delgado, R. Álvarez, O. Moreno, W. Castillo, E. Reyes, O. Torres, M. Nava, M. Salazar, M. Acevedo, P. Abreu, M. Rodríguez, M. Sánchez, M. Urdaneta y A. Ramos. 2005. Variedades de arroz de Venezuela desde 1969 al 2005. Caracas, VE, **In:** II Congreso Venezolano de mejoramiento genético y biotecnología agrícola. Consultado en julio de 2006 [Documento en línea]. Disponible: <http://www.danac.org.ve>
- Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). 2004. Arroz (*Oryza sativa* L.). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ginebra. 47 p.
- Vega, U. 1988. Mejoramiento genético de plantas. ED. América, Maracay, Venezuela. 200 p.

## EVALUACIÓN DE CINCO FUENTES ORGÁNICAS SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

### EVALUATION OF FIVE ORGANIC SOURCES ON VEGETATIVE DEVELOPMENT OF POTATO CROPS

Frank Zamora\*, Domingo Tua\* y Duilio Torres\*\*

\*Investigador. INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas Falcón, Coro-Venezuela. E-mail fzamora@inia.gob.ve

\*\*Profesor. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía. Departamento de Química y Suelos  
E-mail duiliotorres@ucla.edu.ve

#### RESUMEN

Para determinar las ventajas del uso de abonos orgánicos en la producción de papa, *Solanum tuberosum* L., minimizar los costos y el uso excesivo de fertilizantes químicos que conllevan a problemas de degradación química de suelo, se evaluó el efecto de cinco abonos orgánicos (fertipollo, estiércol de chivo, estiércol de res, cáscara de café y biofertilizante "La Pastora") sobre el rendimiento del cultivo de la papa, en el municipio Federación, estado Falcón. El diseño de experimento fue de bloques al azar y se evaluaron los siguiente tratamientos: estiércol de chivo (T1); estiércol de res (T2); fertipollo (T3); biofertilizante "La Pastora" (T4); cáscara de café (T5) y fertilización química (T6); estos fueron replicados 4 veces, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales. Durante el ciclo del cultivo se evaluaron variables biométricas: altura de plantas, número de tallos/plantas, tubérculos/plantas y peso de tubérculos. El análisis estadístico se realizó con un ANOVA, el valor de probabilidad usado en el estudio fue 0,05, los datos fueron analizados usando el programa estadístico INFOSTAT. Los resultados obtenidos para la variable altura de planta, número de tubérculos, número de tallos y peso de tubérculos reflejan que los tratamientos donde se aplicó fertipollo y estiércol de chivo presentaron un mayor desarrollo vegetativo y por lo tanto un mejor rendimiento que el resto de los abonos orgánicos aplicados e inclusive superiores que donde se aplicó la fertilización química.

**Palabras Clave:** *Solanum tuberosum* L.; fertilización orgánica; tubérculos; desarrollo vegetativo; rendimiento.

#### SUMMARY

In order to determine the advantages of using organic fertilizers for potato production, reduce costs and the excessive use of chemical fertilizers that cause several chemical problems in soils, the effect of five organic fertilizers (fertipollo, cow manure, goat manure, coffee rind amendments and "La Pastora" biofertilizer) on potato, *Solanum tuberosum* L., crop yield was evaluated in a production unit of Federation municipium, Falcon State. A random blocks design with six treatments was used. Treatments were: goat manure (T1); cow manure (T2); fertipollo (T3); "Pastora" biofertilizer (T4); amendments of coffee rind (T5) and chemical fertilization (T6), replicated 4 times, for a total of 24 experimental units. The experiment was installed in a commercial lot of 10,000 m<sup>2</sup> of surface, with a sowing density of 30,000 plants has<sup>-1</sup>. Each experimental unit had 5 furrows of 4 m length, with the 3 central rows taken as effective area, of which 5 plants were selected for evaluations. During the cycle of the crop, biometric parameters were evaluated such as: plant height, number of stems per plant, number of tubers per plant and tuber weight. A statistical analysis of variance (ANOVA) using the probability value of 0.05 and the program INFOSTAT was performed. Results showed that for parameters plant height, tuber number, stem number and yield that treatments where fertipollo and goat manure were applied greater vegetative development and yield were obtained.

**Key Words:** *Solanum tuberosum* L.; organic fertilization; tubers; growth; plants; yield.

RECIBIDO: enero 10, 2008

APROBADO: marzo 14, 2008

## INTRODUCCIÓN

El uso de materiales orgánicos va unido a la actividad agrícola desde sus orígenes, y su empleo ha estado ligado de manera histórica directamente con la fertilidad y productividad de las tierras cultivadas (Laprade y Ruiz, 1999). En los sistemas agrícolas tradicionales, los pequeños agricultores mantenían la fertilidad de sus tierras y producción de cosechas cerrando los ciclos de energía, agua y nutrimentos. No obstante, el desarrollo de la revolución verde, orientada hacia un enfoque productivista que buscaba el incremento en la producción de alimentos, basados en el aumento del uso de insumos agrícolas, se produjo la pérdida del equilibrio ecológico, manifestándose en el desgaste de la capacidad productiva de los agroecosistemas, en especial su potencial de fertilidad, causado en gran medida por la disminución en los contenidos de materia orgánica (MO).

En tal sentido, la producción hortícola en el ámbito mundial de algunos rubros como tomate, pimentón, cebolla y papa, *Solanum tuberosum* L., se ha basado tradicionalmente en sistemas de producción de altos insumos; es decir, elevado uso de maquinaria y agroquímicos en general. Si bien este modelo ha mantenido la productividad agrícola durante años, el mismo ha fracasado, en virtud de que ha contribuido con el deterioro de la calidad ambiental, ocasionando problemas de compactación, acidificación, salinización y erosión de los suelos, entre otros (Orozco, 1999), sin embargo muchas veces la disminución de la calidad de los recursos biológicos no se ve reflejada en los rendimientos, dado que los mismos son enmascarados por exceso de fertilizantes.

Para revertir esta situación, se debe buscar la sustitución de las fuentes inorgánicas por fertilizantes orgánicos, como compost, estiércol o biofertilizantes que conlleven a un incremento de la fertilidad del suelo a través de la mineralización de la MO (Benedetti *et al.*, 1998), lo cual además se traduce en una mayor actividad biológica y mejoras en las propiedades físicas del suelo (Altieri y Nicholls, 2006).

En sus investigaciones King (1990), indica que en el marco de la agricultura sostenible, el control de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrimentos, es un factor clave para el desarrollo de sistemas alternativos exitosos, ya que con ellos se reducen las pérdidas de éstos y se maximiza su uso; en tal sentido, los abonos orgánicos constituyen una estrategia formidable para alcanzar estos objetivos.

Por su parte, Kulakovskaya y Brysozovskii (1984), señalan que el uso combinado de abonos orgánicos y minerales, contribuyen a mejorar la calidad de la papa, no sólo por aumentar los rendimientos, sino porque incrementan el valor biológico de las proteínas en los tubérculos.

Entre los abonos orgánicos que se han probado en el cultivo de la papa, Buchanan (1993), indica que al usar gallinaza como fuente orgánica, se incrementa el rendimiento de papa, observándose también un efecto residual, pues en ciclos sucesivos, este autor encontró una alta concentración de N en el suelo, por lo que la planta absorbió más N del requerido, lo que retardó la formación y maduración de tubérculos.

A pesar de que en el país existen muchas fuentes orgánicas (Rivero y Carracedo, 1999), la mayoría son producidas en el estado Lara, lejano a las zonas de producción de papa, ubicadas principalmente en los estados Andinos (Táchira, Trujillo y Mérida), lo cual constituye una problemática para su uso, dado los elevados costos de transporte, por otra parte, las mismas han sido poco evaluadas y su capacidad como fertilizantes aún no ha sido determinada, además de contener elementos fitotóxicos que comprometen la salud del cultivo, por lo cual muchas veces los productores se abstienen de usarlas al no conocer sus bondades, entre tanto se requiere la evaluación de su calidad, tanto desde el punto de vista nutricional como de toxicidad, así como su efecto sobre la producción de papa.

En Venezuela, la zona hortícola de la Sierra Falconiana, específicamente en el municipio Federación, ha sido uno de los mayores productores de hortalizas de piso bajo en el país, específicamente tomate, pimentón y cebolla; no obstante, en los últimos años el cultivo de la papa, que tradicionalmente proviene principalmente de los estados andinos (Táchira, Mérida y Trujillo) y del estado Lara, Zamora (1995); ha tomado cierto interés entre los agricultores de la zona alta del estado Falcón. Sin embargo, los costos de producción, entre ellos por concepto de fertilizantes químicos, han limitado su total establecimiento, por lo que se requiere evaluar fuentes orgánicas que permitan mantener la productividad en forma sostenible, disminuyendo los costos de producción, y contribuir a minimizar el impacto negativo causado al suelo y al ecosistema en general por el uso excesivo de fertilizantes químicos.

En este sentido, la agroecología ofrece alternativas que permiten sustituir los insumos tradicionales, mante-

niendo y mejorando la calidad del suelo, en el caso de la fertilización, se han desarrollado diferentes fuentes de origen orgánica, cuya efectividad ha sido bien documentada. En los suelos manejados bajo principios agroecológicos se observan incrementos de la entomofauna, mayor actividad biológica, aumento de los niveles de MO y por ende la fertilidad del suelo (Altieri y Nicholls, 2003), dado las bondades del uso de los abonos orgánicos, y ante las necesidades de ofrecer fertilizantes de bajo costo y que permitan mantener la calidad del suelo, garantizando a su vez la productividad del cultivo. El objetivo central de este trabajo de investigación fue el de evaluar el efecto de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de la papa en el municipio Federación, estado Falcón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área experimental

El ensayo fue realizado en el sector La Sabanita, de la población de Churuguara, municipio Federación, ubicado entre las coordenadas 10°45'-10° 47' LN y entre 69°36'-69°42' LO, aproximadamente a 10 km de la capital del municipio. El área de estudio se encuentra a 800 m.s.n.m., corresponde a una zona de vida bosque húmedo premontano con una precipitación promedio de 1 000 mm año<sup>-1</sup> y temperatura promedio año 22 °C. Los suelos presentan niveles medios a altos de MO, muy bajos en fósforo, con niveles altos de potasio y calcio, pH ligeramente ácido y sin problemas de conductividad eléctrica (Miquelena, 1999; Zamora, 2003).

### Diseño de experimentos

El diseño de experimento utilizado fue de bloques al azar y se evaluaron en total 6 tratamientos los cuales fueron los siguientes: estiércol de chivo (T1); estiércol de res (T2); fertipollo (T3); biofertilizante "La Pastora" (T4); cáscara de café (T5) y fertilización química (T6), estos tratamientos fueron replicados 4 veces, obteniendo un total de 24 unidades experimentales. El ensayo fue instalado en una parcela comercial de 10 000 m<sup>2</sup> de superficie, usando una densidad de siembra de 30 000 plantas ha<sup>-1</sup>, con una unidad experimental conformada por 5 surcos de 4 m de longitud, tomando los 3 centrales como área efectiva, de los cuales se seleccionaron 5 plantas por cada evaluación realizada, la distancia entre hilera fue de un metro y la distancia entre plantas de 30 centímetros, el área efectiva de evaluación fue de 25 m<sup>2</sup>.

### Descripción de los tratamientos

Los abonos orgánicos evaluados fueron estiércol de chivo, biofertilizante "La Pastora", estiércol de res y fertipollo, los cuales se aplicaron en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>, siguiendo las recomendaciones de fertilización establecidas para el cultivo de papa en un ensayo de abonamiento llevado en Brasil en condiciones agroecológicas similares a la del presente ensayo (Ferreira *et al.*, 1993).

Estos abonos fueron aplicados en la hilera a "Chorro corrido" y su aplicación fue fraccionada, una la mitad de la dosis al momento de la siembra y la otra mitad durante el aporque.

#### Estiércol de chivo

Fue recolectado de unidades de producción aledaña a la zona de estudio, la cual es un área productora de ganadería caprina, el mismo fue previamente curado y se usó en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Fertipollo

Fue obtenido de la empresa Fertiliza, la cual se encarga de procesar los residuos de la cama de pollo con altas temperaturas para su esterilización y eliminación de patógeno, este se aplicó en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Estiércol de res

Fue recolectado de unidades producción aledaña a la zona de estudio, ya que los sistemas de producción en el área es mixto, combinando la ganadería doble propósito con la producción de papa, el mismo fue previamente curado y se empleó en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Biofertilizante "La Pastora"

Este abono orgánico el cual es producto de la mezcla del compost de la cachaza y bagazo de caña, el mismo se obtuvo del producto comercializado bajo este nombre por el central "La Pastora", estado Lara, aplicándose en dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Cáscara de café

Este fue colectado, de los residuos obtenidos de la producción artesanal de café de productores cercanos a la zona de estudio, el mismo se utilizó en dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>, previamente antes de su aplicación la misma fue curada.

### Fertilizante químico

Se empleó un fertilizante comercial cuya fórmula fue 15-15-15, aplicándose en una dosis de 600 kg ha<sup>-1</sup> la cual fue fraccionada en 2 períodos, 300 kg al momento de la siembra y 300 kg en el aporque. Esta dosis se calculó sobre la base del contenido de nutrientes en el suelo (Cuadro 1) y en función de los requerimientos nutricionales del cultivo.

### Características de los abonos empleados

Las fuentes de abonos orgánicos empleadas fueron analizadas en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, para determinar las variables Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Potasio y porcentaje de MO, los resultados son expresados en el Cuadro 2.

### Material vegetal usado en el ensayo

El material genético empleado para la evaluación fue semilla certificada de origen canadiense de la variedad Kenebeck, la misma fue cortada en secciones o trozos, siguiendo el procedimiento recomendado (Coraspe *et al.*, 2002), tomándose en cuenta el peso de este (entre 40-50 g), y el número de grelos o yemas por trozo, inmediatamente fue desinfectada, sometiéndolas a un tratamiento preventivo con Mancozeb y Cobret, y almacenados con luz difusa a fin de estimular el tono verde de los grelos.

### Variables evaluadas

Se evaluaron semanalmente variables biométricas del cultivo de papa como altura de plantas, número de tallo, grosor del tallo, la altura fue medida empleando una cinta métrica, midiendo desde la base de la planta hasta la última hoja y el grosor del tallo se midió empleando un vernier, al final del cultivo se evaluó el número y peso de tubérculos, para estimar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo, el área efectiva

para la evaluaciones biométricas correspondió a un área de 25 m<sup>2</sup> aproximadamente.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA y en aquellos tratamientos con diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, el valor de probabilidad usado en el estudio fue 0,05 y los datos fueron analizados con el programa estadístico INFOTAT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para la variable altura de planta (Figura 1), reflejan que los tratamientos donde se aplicaron fertipollo y estiércol de chivo presentaron mayor desarrollo vegetativo con valores estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ), con alturas de 42,37 cm y 39,94 cm, respectivamente, en comparación con el biofertilizante "La Pastora" (BP); cáscara de café e incluso la fertilización química con valores de 36,67 cm; 35,87 cm y 35,24 cm, respectivamente.

El menor valor fue observado en aquellas plantas donde el tratamiento aplicado fue el estiércol de res con una altura de 30,74 cm. Un aspecto resaltante es que en la mayoría de los casos donde se aplicó la fertilización orgánica, el desarrollo vegetativo fue muy superior al señalado en la fertilización química, lo que evidencia las bondades del uso de este tipo de abono para la fertilización del cultivo de la papa.

En la Figura 2 a pesar de que no existieron diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos, al evaluar la variable grosor del tallo, se mantiene la misma tendencia, que la observada para la variable altura; es decir, que el tratamiento donde se aplicó el fertipollo presentó mayor grosor del tallo con un valor de 0,96 cm, seguido de biofertilizante "La Pastora" con 0,94 cm; estiércol de chivo 0,90 cm y cáscara de café 0,89 cm.

**CUADRO 1.** Características del suelo bajo estudio.

A	L	a	MO (%)	N %	P (Mg kg <sup>-1</sup> )	K (Mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (Mg kg <sup>-1</sup> )	pH	Clase Textural
16,4	49,2	34,4	3,10 (M)	1,20 (M)	4 (B)	112 (A)	1082 (A)	5,2 ligeramente ácido	Franco

A: arcilla; L: limo; a: arena; Ce: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; P: fósforo; K: potasio; Ca: Calcio; Na: sodio; Mg: magnesio. Distribución del tamaño de partícula (Bouyoucos); Fósforo (Olsen); Potasio (Olsen); Magnesio (Morgan); Calcio (Morgan); pH (relación 1:2:5); Materia Orgánica (combustión húmeda, Walkley y Black, 1934); Conductividad eléctrica (relación 1:5); Métodos descritos en Manual de Procedimiento de Laboratorio del FONAIAP (Gilabert *et al.*, 1990).

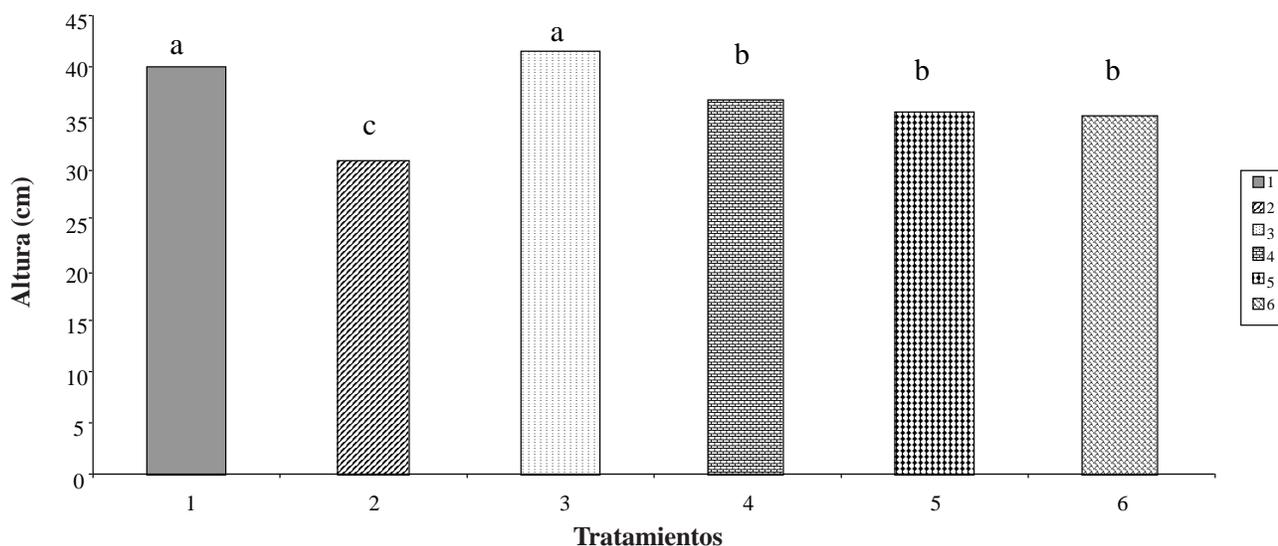
**CUADRO 2.** Características químicas de las fuentes evaluadas.

Abono	N (Mg kg <sup>-1</sup> )	P (Mg kg <sup>-1</sup> )	K (Mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (Mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (Mg kg <sup>-1</sup> )	MO (%)	Ce (dS m <sup>-1</sup> )	pH
Fertipollo	3,9	0,35	3,2	0,2	0,2	12	7,6	7,7
Estiércol de res	0,6	0,17	0,7	0,10	0,60	14	3,6	8,7
Estiércol de Chivo	2,0	3,98	2,5	2,21	3,4	21	8,6	7,66
Biofertilizante "La Pastora"	2,0	1,2	1,0	5,0	1,8	38	4,0	6,5
Cáscara de café	1,33	4,29	1,27	1,61	0,44	45	1,32	5,60

En todos los casos estos tratamientos orgánicos presentaron un grosor del tallo superior al presentado en la fertilización química, el cual fue de 0,86 cm, ratificándose una vez más que la fertilización orgánica en este caso, contribuyó con un mejor desarrollo vegetativo en comparación a la fertilización química; no obstante, el tratamiento donde se aplicó estiércol de res nuevamente presentó un grosor de tallo significativamente menor al resto de los tratamientos, con 0,82 cm.

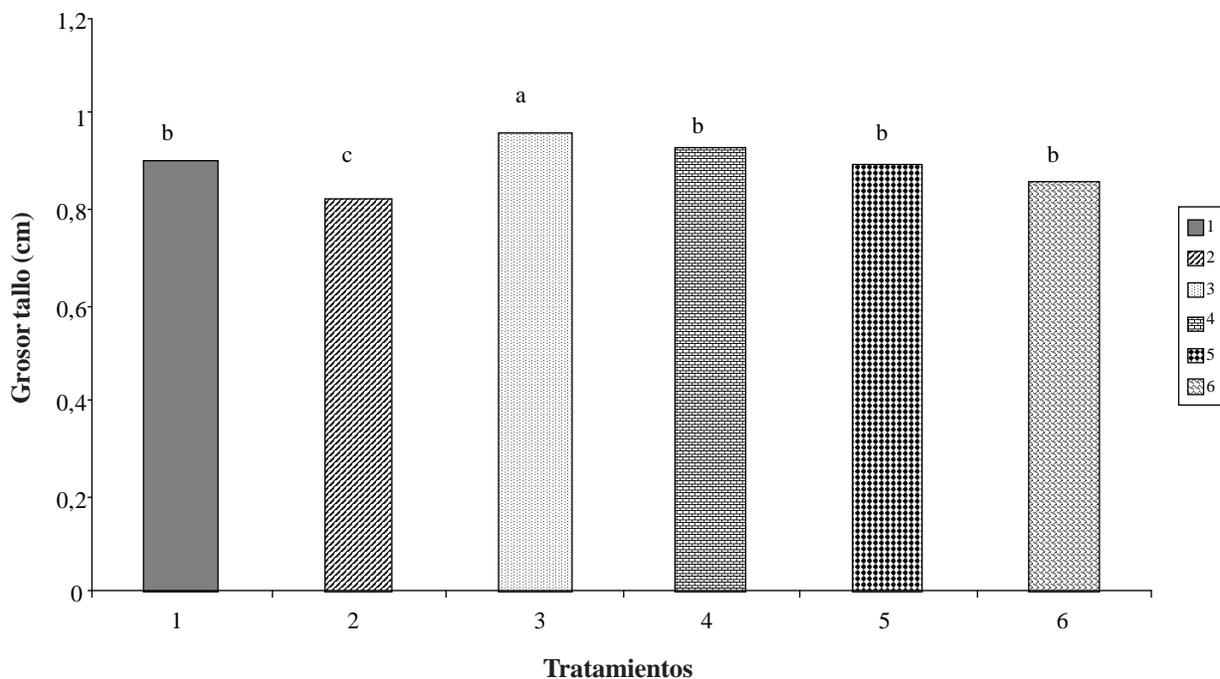
A pesar, de que la mayoría de los tratamientos orgánicos presentaron una mejor respuesta cuando se evaluaron las variables altura y grosor del tallo, este resultado fue totalmente contrario cuando se evaluó la variable número

de tallo/plantas (Figura 3), donde la fertilización química solamente fue inferior al tratamiento en el cual se aplicó el estiércol de chivo con 5,18 tallos/planta y de 4,74 tallos/plantas para la fertilización química, los cuales fueron estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ), a los valores mostrados para el biofertilizante "La Pastora", cáscara de café, fertipollo y estiércol de res con valores de 4,24 tallos/plantas; 4,23 tallos/plantas; 4,21 tallos/plantas y 3,97 tallos/plantas, respectivamente. Estos resultados ratifican que el estiércol de chivo en forma general es la fuente orgánica que contribuye a mejorar notablemente el desarrollo de la planta, y que en todas las variables el peor desarrollo fue observado cuando se aplicó el estiércol de res.



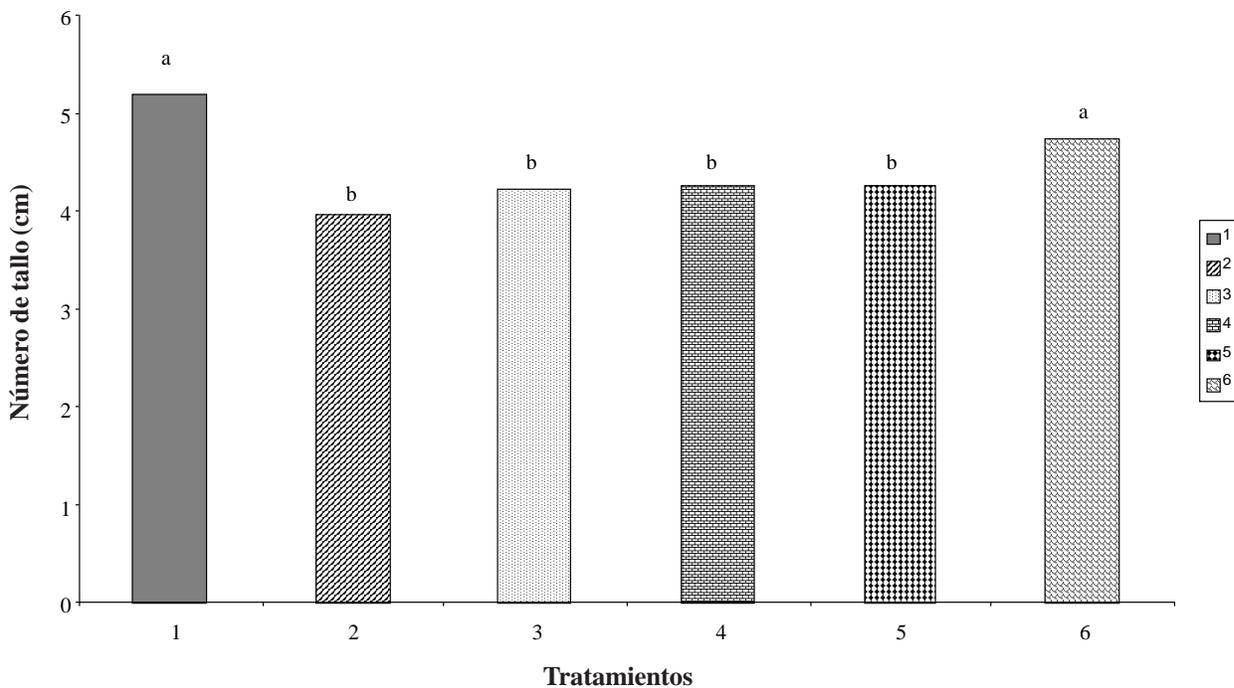
1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.  $P < 0,05$ , letras diferentes indican diferencias significativas.

**FIGURA 1.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la altura de plantas de papa.



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

**FIGURA 2.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la variable grosor de tallo en el cultivo de papa.



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

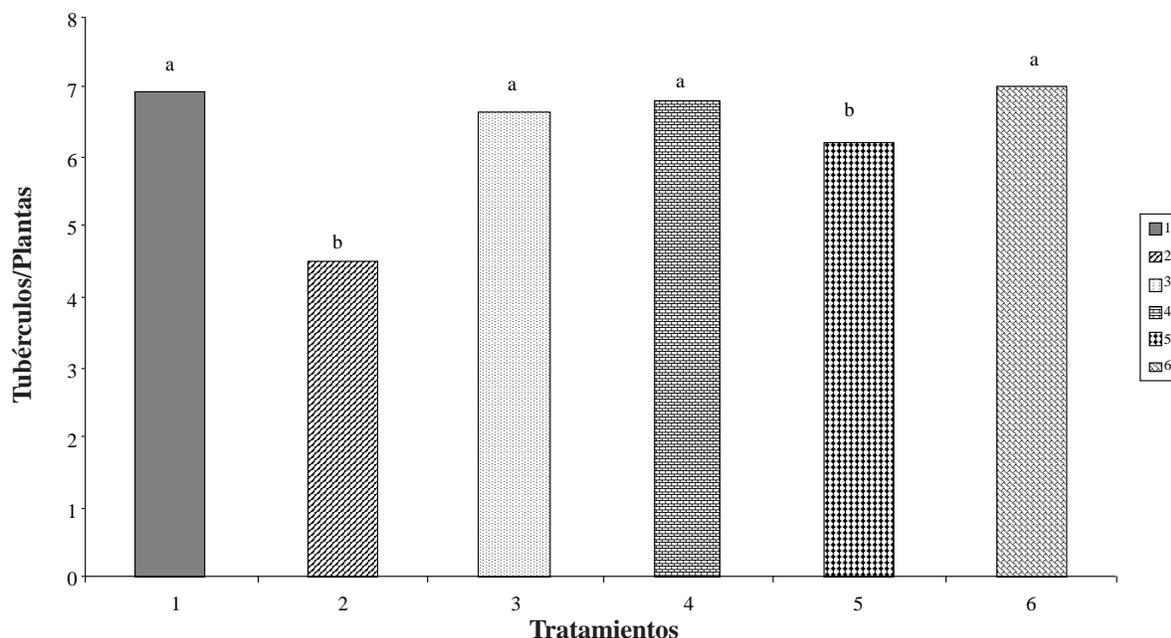
**FIGURA 3.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la variable número de tallos en el cultivo de papa.

El comportamiento observado en el desarrollo vegetativo, producto de la aplicación de los fertilizantes orgánicos sobre la evolución de la papa, obviamente se reflejó en los rendimientos, los cuales fueron evaluados a través de los parámetros números de tubérculos por planta y rendimiento en kilogramos por hectárea. En la Figura 4, se observa que el tratamiento con estiércol de chivo presentó un número de tubérculos/plantas estadísticamente similar ( $P < 0,05$ ), al observado en la fertilización química con valores de 6,90 tubérculos/plantas y 7 tubérculos/planta respectivamente; observándose una tendencia similar al comportamiento de las variables altura, grosor y número de tallo. Estos rendimientos fueron superiores al del resto de los tratamientos que presentaron valores de 6,80 tubérculos/planta en el biofertilizante "La Pastora"; 6,20 tubérculos/planta en el tratamiento cáscara de café y 6,20 tubérculos/planta en el fertipollo; los valores más bajos se observaron en el tratamiento donde se aplicó estiércol de res.

Estos resultados son similares a los estudiados por Linus *et al.* (2004), en un trabajo realizado en Kenya donde encontraron que los tratamientos orgánicos, no presentaron diferencias significativa al compararse con la fertilización química, exceptuando el tratamiento de

estiércol de res, produciendo un número de tubérculos por planta similar a la fertilización química, lo que indica que la aplicación de dosis modestas de fertilización inorgánica combinadas con la fertilización orgánica, pudiesen conllevar a un mayor crecimiento y desarrollo del cultivo.

Esto a su vez coincide con lo investigado por González *et al.* (2006), quienes al observar la densidad de los tubérculos de los tratamientos donde sólo se aplicó estiércol de chivo, fueron significativamente superiores a los que fueron fertilizados con gallinaza, estiércol de res, cáscara de café o biofertilizantes, estos resultados contradicen a lo presentado por Romero-Lima *et al.* (2000) en México, quienes al evaluar diferentes fuentes orgánicas y compararlas con fuentes minerales, encontraron que cuando se aplicó la gallinaza, los requerimientos nutricionales fueron menores, se obtuvieron tubérculos de mayor calidad y se incrementaron los rendimientos. La falta de respuesta de la papa a la aplicación de compost podría relacionarse con la baja concentración de nitrógeno que este contiene, aunque este argumento no parece ser suficiente para explicar el efecto inhibitorio señalado, lo que lleva a pensar que existan otras causas cuya naturaleza sería conveniente determinar en posteriores experiencias.



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

**FIGURA 4.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la variable número de tubérculos por planta en el cultivo de papa.

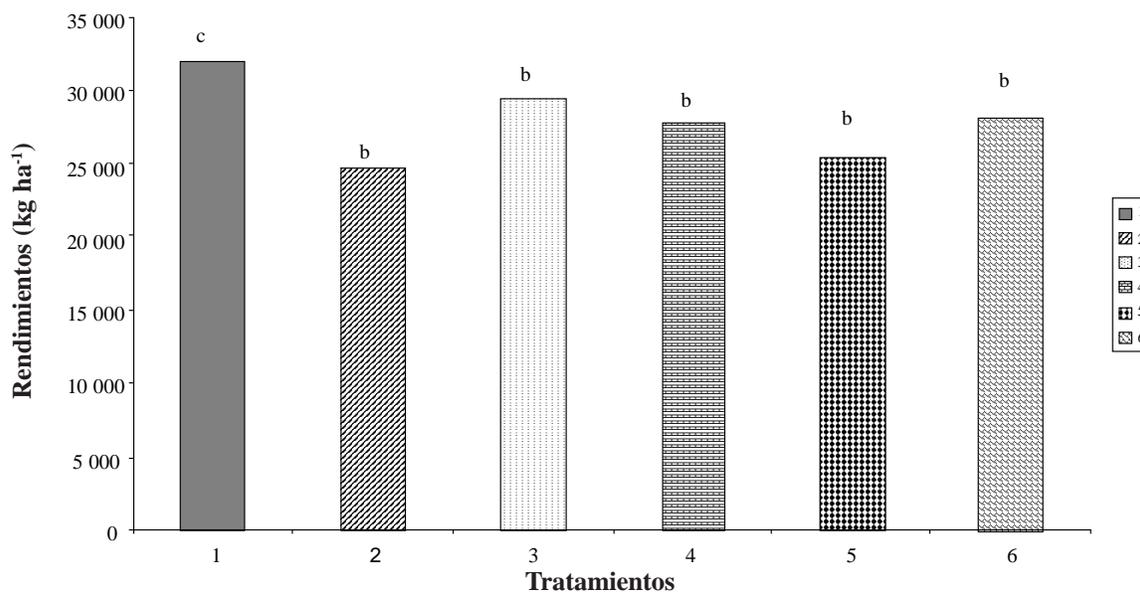
El mayor desarrollo vegetativo no sólo se manifestó en un mayor número de tubérculos, sino, que esto se tradujo en un incremento de los rendimientos en el tratamiento estiércol de chivo; el cual presentó rendimientos estadísticamente iguales al tratamiento donde se aplicó la fertilización química tradicional con valores de 32 000 kg ha<sup>-1</sup> y 28 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Es importante destacar que el tratamiento donde se aplicó fertipollo, si bien presentó menos número de tubérculos que T1 y T6, los rendimientos fueron similares a estos 2 con 29 450 kg ha<sup>-1</sup>, aunque el tratamiento biofertilizante en todas las variables biométricas presentó comportamiento inferior a la fertilización inorgánica, los rendimientos de estos fueron estadísticamente iguales a la fertilización química con valores de 28 159 kg ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos con menores rendimientos fueron aquellos donde se aplicó cáscara de café con 25 550 kg ha<sup>-1</sup>, y estiércol de res 24 700 kg ha<sup>-1</sup>, resultados que mantienen la misma tendencia observadas al evaluar las variables biométricas: altura de tallo, grosor del tallo y número de tallos, Figura 5.

Los resultados coinciden con los presentados por Kleinhes y Cardina (2003), quienes señalan que la aplicación de compost incrementa los rendimientos y el tamaño de los tubérculos en un promedio de 12 a 14%, así mismo, Devaux *et al.* (2002), señalan que la incorporación de abonos orgánicos, incrementa los niveles

de MO y favorece los rendimientos en suelos de reacción ácida en comparación con suelos alcalinos; lo cual coincide con los resultados obtenidos en la investigación, dado que los suelos de la zona en estudio, se caracterizan por ser moderadamente ácidos, en virtud de las condiciones de alta precipitación que caracterizan la zona, coincidiendo a su vez con las observaciones realizadas por Villagarcía (1983).

Esta afirmación es ratificado por Carter *et al.* (2004), señalando que el incremento de los rendimientos en la producción de papa fertilizada con fuentes orgánicas, es debido al aumento en los contenidos de MO, lo cual incrementa la producción de tubérculos. Estos autores además atribuyen estos incrementos a mejoras en las propiedades físicas y biológicas de los suelos, tales como retención de humedad e incremento de la actividad biológica, así como el aporte de nutrimentos al suelo, especialmente nitrógeno.

El uso de estiércoles esta asociado a un incremento de los contenidos de nitrógeno en el suelo, se ha demostrado que la aplicación de estiércoles, estimula la microbiota de suelo, lo cual favorece la mineralización de la MO, aumentando la liberación del nitrógeno orgánico, además de promover la actividad radical favoreciendo la absorción de nutrimentos, todo esto repercute en una mejor fertilidad del suelo (Galland *et al.*, 1998 y Porter *et al.*, 1999).



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

**FIGURA 5.** Efecto de 5 fuentes de abono orgánico sobre el rendimiento del cultivo de papa.

En tal sentido el mayor desarrollo vegetativo, correspondió a los tratamientos con mayor aporte de nitrógeno en este caso el fertipollo y el estiércol de chivo, la mayor disponibilidad de este elemento se ve reflejado en un mayor desarrollo vegetativo de las plantas, los menores rendimientos por el contrario fueron observados en el estiércol de res, el cual presentó los menores contenido de nitrógeno.

Uno de los elementos, que quizás condicionó el rendimiento y la producción de la papa fue el P, cuando el suelo estudiado presentaba bajos contenidos de estos elementos lo cual obliga a su suministro a través de fertilizantes, los aportes de P, sólo fueron significativos alto en el caso del estiércol de chivo y la cáscara de café, reflejándose esto en mayores rendimiento, esto coincide con lo señalado por Abou-Hussein *et al.* (2002), lo cual se refleja en mayores rendimientos, Gale *et al.* (2000) y Zhongqi *et al.* (2006) señala que la aplicación de estiércoles tiene un impacto sobre el contenido de P disponible similar al de la fertilización química, pudiendo suplir a corto plazo los requerimientos de P, quienes encontraron que los niveles de P se incrementa luego de la aplicación de estiércoles.

Las deficiencias de P, pueden estar asociadas a un menor rendimiento de los tratamientos donde se aplicó fertipollo en comparación al estiércol de chivo a pesar de poseer iguales cantidades de nitrógeno, no obstante, en el caso de los tratamientos fertilizados con cáscara de café, el desarrollo vegetativo se vio favorecido por el aporte de P proveniente de esta fuente orgánica, a pesar, de que este abono presentó un aporte moderado de nitrógeno, pero, alto de fósforo. Estos resultado sugieren que el aporte de fósforo es esencial para el desarrollo del cultivo por lo cual en algunos casos será necesario combinar el abonamiento orgánico con alguna fuente fosfatada, los tratamientos que presentaron bajos contenidos de P, como fueron estiércol de res y biofertilizante "La Pastora" mostrando un desarrollo vegetativo bajo.

Uno de los nutrimentos que también jugó un rol importante en el desarrollo de la papa sobre todo en el peso y tamaño de los tubérculos fue el K, coincidentalmente los tratamientos que presentaron mejor rendimiento fueron aquellos que arrojaron mayor aporte de potasio al suelo, los cuales son estiércol de chivo y fertipollo, estos resultados coinciden con los presentados por Bishnu *et al.* (2006), quienes señalan que el número de tubérculos y la producción de biomasa, se incrementa cuando se suplen las cantidades de K requeridas por el cultivo, en tal sentido el uso de abonos orgánicos ha

sido exitoso cuando se usan en cantidades superiores a los 30 Mg ha<sup>-1</sup>, los cuales suplen en un 100% los requerimientos nutricionales de la planta (Sharma, 1999), mientras que aplicaciones de 15<sup>a</sup> 25 Mg ha<sup>-1</sup>, causan una disminución en la producción, lo que obliga a la aplicación de fertilizantes inorgánicos cuando la dosis de los abonos orgánicos se reduce en un 50%.

En el caso del tratamiento donde se aplicó cáscara de café a pesar de suministrar cantidades de K y P similares al estiércol de chivo y fertipollo, presentó rendimiento inferior a los dos primeros, debido fundamentalmente a los bajos aportes de nitrógeno de esta fuente orgánica, que afectó el desarrollo de las plantas observándose de nuevo que los menores rendimiento correspondieron a los tratamiento con estiércol de res y biofertilizante "La Pastora", lo cual ratifica el escaso aporte nutricional de estas fuentes, esto coincide con lo presentado por Gami *et al.* (2001) y Regmi *et al.* (2002) quienes encontraron que las deficiencias de K en el suelo causan una sensible disminución de los rendimientos en el cultivo de la papa.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el estiércol de chivo constituye la fuente de fertilizante más apropiada para la zona, ya que al tener un rendimiento similar al fertilizante químico esto permitiera reducir notablemente los costos de producción, donde la fertilización representa aproximadamente un 30% en el cultivo de la papa, esto debido a que las fuentes para la producción de este abono es a partir de recursos locales, dado que en la zona se combina la actividad agrícola con la explotación caprina. En tal sentido, Varis *et al.* (1996), señalan que los sistemas de producción que usan abonos orgánicos o una combinación de estos con los abonos químicos, logran disminuir los costos de producción y aumenta los rendimientos del cultivo de la papa, en este sentido Galland *et al.* (1998) demostraron que el uso de compost y estiércoles en cultivo de la papa logró reducir en un 52% el uso de fertilizantes químicos, reduciendo los costos de producción y manteniendo rendimientos iguales y similares que cuando se aplicó la fertilización química.

No obstante, el uso del fertipollo y el biofertilizante "La Pastora", a pesar de presentar rendimientos estadísticamente similares a estiércol de chivo, no es recomendado, ya que los costos se incrementarían, dado que estos fertilizantes orgánicos son producidos en otras regiones de Venezuela y comercializados por empresas de carácter privados, lo que incrementa notablemente los costos de producción, en el caso de la cáscara de café y el estiércol de res, a pesar de ser materiales presentes en la zona,

sus rendimientos producidos al usar estas fuentes son inferiores a los observados para el estiércol de chivo, por lo que se requeriría un aporte adicional de fuentes inorgánicas incrementando así los costos de producción por conceptos de fertilización con respecto a los costos para el caso del estiércol de chivo.

## CONCLUSIONES

- Las plantas donde se aplicaron los tratamientos fertipollo y estiércol de chivo, presentaron mayor desarrollo vegetativo en comparación con el biofertilizante "La Pastora" (BP); cáscara de café y estiércol de res, con valores de 36,67 cm, 35,87 cm y 35,24 cm, respectivamente; el menor valor fue observado en aquellas plantas donde se aplicó el tratamiento con estiércol de res, alcanzando una altura de 30,74 cm.
- El comportamiento observado en el desarrollo vegetativo, producto de la aplicación de los fertilizantes orgánicos sobre el suelo, se reflejó en mayores rendimientos del cultivo de la papa, observándose que el tratamiento con estiércol de chivo presentó un número de tubérculos/planta, similar al observado en la fertilización química, con valores de 6,90 tubérculos/plantas y 7 tubérculos/planta, respectivamente, cuyos valores son superiores al resto de los tratamientos orgánicos evaluados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Revista ecosistemas (1). Versión online [www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&I\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&I_Categoria=1&tipo=portada)
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 72: 203.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. Revista de acceso abierto. (1), versión online [www.um.es/ojs/index.php/agroecologia/index](http://www.um.es/ojs/index.php/agroecologia/index)
- Abou-Hussein, S., D. El-Bahiry, U. El-Oksh and I. Kalafallah. 2002. Effect of compost, biofertilizer and chicken manure on nutrient content and tuber quality of potato crops. *Egyptian Journal of Horticulture*, Vol. 29 (1):117-133 p.
- Benedeti, A, S. Canali y F. Lianello. 1998. La fertilizzazione organica dei suoli. **In:** I Fertilizzanti Organici. Paolo Sequi (Ed.). Italia. Edizioni L'Informatore Agrario. 1-12 p.
- Bishnu, H., K. Adhikary and B. Karki. 2006. Effect of Potassium on Potato Tuber Production in Acid Soils of Malepatan, Pokhara. *Nepal Agric. Res. J.* (7):42-48.
- Buchanan, M. 1993. Study examines efficient use of compost. *Cultivar- Santa Cruz* 11:9-10 p.
- Carter, M., R. Sanderson and J. Macleod. 2004. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. *Canadian Journal of Soil Science.* 84(2):211-218.
- Coraspe, H., F. Montero, C. Alvarado y E. Ortega-Cartaya. 2002. Necesidad de desinfectar la semilla cortada de papa en la zona alta del estado Trujillo. *Bioagro* 14(3):183-187.
- Devaux, A. K. Manrique, C. Rivero, N. Zúñiga y A. Santana. 2002. Efectos de la fertilización orgánica y fosfatada en las características de calidad para fritura de 35 variedades nativas de papa amarilla en la Sierra Central del Perú. *Revista ALAP* (11):190-195.
- Ferreira, M., P. Castelane e M. Da Cruz. 1993. Nutrição E Adubação De Hortaliças. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 487 p.
- Gale, P., M. Mullen, C. Cieslik, D. Tyler, B. Deuk, M. Kirchner and J. McClure. 2000. Phosphorus distribution and availability in response to dairy manure applications. *Commun Soil Sci Plant Anal* 31:553-565 p.
- Galland, E., E. Mallory, A. Alford, F. Drummond, E. Groden, M. Liebman, M. Marra, J. McBurnie, and G. Porter. 1998. Comparison of alternative pest and soil management strategies for Maine potato production systems. *Am J Alt Agric* 13:146-161.
- Gami, S., J. Ladha, H. Pathak, M. Shah, E. Pasuquin, S. Pamde, P. Hobbs, D. Joshy and R. Mishra. 2001. Longterm changes in the yield and soil fertility status in 20 year rice-wheat experiment in Nepal. *Biol. Fertil. Soils* 34:73-78.

- González, C., E. Álvarez, F. Pomares y M. Benítez. 2006. Efectos de fertilización en papas con compost, gallinaza y combinaciones de ambos. **In:** Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE.
- King, L. D. 1990. Sustainable Soil Fertility Practices. **In:** Sustainable Agriculture in Temperate Zones. Francis, C., C. B. Flora, and L. D. King (eds.). John Wiley. USA. 147-173 p.
- Kleinhenz, M. D y J. Cardina. 2003. Compost application effects on weed populations and crop yield and quality in three early-maturing, organically-managed potato (*Solanum tuberosum*) cultivars *Acta Horticulturae* 619: **In:** XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food for Humanity: International Developments in Breeding, Production, Protection and Utilization
- Kulakovskaya, T. N. and I. I. Bryzozovskii. 1984. Increasing potato yield and quality through fertilization. *Soviet Agricultural Sciences* 6:1-4.
- Laprade, C. y R. Ruiz . 1999. Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01 (AAAB) y FHIA-02 (AAAB), bajo fertilización orgánica e inorgánica. Producción de Banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. **In:** Memorias del Taller internacional realizado en EARTH, Guácimo, Costa Rica. 180-185 p.
- Linus, M., M. Muriithi and J. W. Irungu. 2004. Effect of Integrated Use of Inorganic Fertilizer and Organic Manures on Bacterial Wilt Incidence (BWI) and Tuber Yield in Potato Production Systems on Hill Slopes of Central Kenya. Kenya Agricultural Research Institute, Embu.
- Mallory, E., B. Gregory and A. Porter. 2007. Potato Yield Stability under Contrasting Soil Management Strategies. *Agron J* 99:501-510.
- Miquilena, O. 1999. Caracterización agroecológica de sectores de producción hortícola en el Municipio Federación Estado Falcón. Informe técnico mimeografiado. FONAIAP. E.E. Falcón 10 p.
- Orozco, R. 1999, Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo del banano. En Producción de Banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. **In:** Memorias del Taller Internacional realizado en EARTH, Guácimo, Costa Rica 27- 29 de Julio de 1998. p. 82-88.
- Porter, G., G. Opena, W. Bradbury, J. McBumie and J. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agron J* 91:416-425.
- Regmi, A., J. Ladha, E. Pasuquin, H. Pathak, P. Hobbs, L. Shrestha, D. Gharti and E. Duveiller. 2002. The role of Potassium in sustaining yields in a long-term rice-wheat experiment in the Indo-Gangetic plains of Nepal. *Biol. Fert. Soils* 36:240-247.
- Rivero, C y C. Carracedo. 1999. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrasta. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 25:83-93.
- Romero-Lima, M., A. Trinidad-Santos, R. García-Espinoza y R. Ferrero-Cerato. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencias* (34):261-269.
- Sharma, R. and M. Sood. 1999. Nitrogen and potassium interaction on potato tuber yield, quality and organic status of Shimla soils. *Global Conference on Potato*. Indian Potito Association, New Delhi. December, 6-11. 134 p.
- Varis, E, L. Pietila and K. Koikkalainen. 1996. Comparison of conventional, integrated and organic potato production in field experiments in Finland. *Acta Agric Scand* 46:41-48 p.
- Villagarcia, S. 1983. La fertilización del cultivo de la papa en el Perú. Depto. de Suelos y Fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Depto. de Fisiología. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 15 p.
- Zamora, F. 1995. El cultivo de la papa en Curimagua, estado Falcón. *Revista Fonaiap Divulga # 49*. FONAIAP-Estación Experimental Falcón. 48 p.
- Zamora, F. 2003. Identificación de indicadores de sostenibilidad en los sistemas de producción hortícolas de Barrio Nuevo municipio Federación del Edo. Falcón. Trabajo de grado UNEFM.
- Zhongqi, H., T. Griffin, S. Honeycutt and C. Wayne. 2006. Soil phosphorus dynamics in response to dairy manure and inorganic fertilizer applications. *Soil Science*. 171(8):598-609.

**RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO  
Y ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA RADICAL DEL MAÍZ,  
CULTIVADO EN UN SUELO FLUVENTIC HAPLUSTOLL  
DE TEXTURA FRANCO-ARENOSA DE MARACAY, VENEZUELA**

**RELATIONSHIP BETWEEN SOME SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND CHARACTERISTICS  
OF THE ROOT SYSTEM OF MAIZE GROWN IN A FLUVENTIS HAPLUSTOLL  
SOIL OF MARACAY, VENEZUELA**

**Rodolfo Delgado\*, Luis Castro\*\*\*\*, Evelyn Cabrera de Bisbal\*, Manuel de Jesús Mújica\*\*,  
Simón Caniche\*\*, Lesce Navarro\*\*\* e Ivon Noguera\*\***

\* Investigadores, \*\* Técnicos Asociados a la Investigación e \*\*\* Ingeniero Agrónomo contratado. INIA.  
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.  
\*\*\*\* Estudiante. UCV. Facultad de Agronomía. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

**RESUMEN**

La determinación de la relación entre las características físicas del suelo y del sistema radical del maíz, *Zea mays* L., permitió determinar con antelación la limitación en el suelo para el desempeño del cultivo. En este trabajo se evaluó la relación entre longitud radical (LR), densidad de masa radical (DMR), densidad de longitud radical (DLR), diámetro de raíces (DR), volumen y longitud específica radical (VolEsp y LonEsp) del sistema radical de maíz, cultivado bajo labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC), con algunas características del suelo (resistencia a la penetración del penetrómetro, RP, densidad aparente del suelo, Da, macro y micro-porosidad, humedad, W, y textura), en un suelo Fluventic Haplustoll, ubicado en el Campo Experimental del CENIAP-INIA, Maracay, estado Aragua a 10° 17' N y 67° 37' O, y una elevación de 460 m.s.n.m. Se observaron diferencias significativas, entre LM y LC, en RP y W del suelo en los horizontes entre 20 y 50 cm, en DLR y DMR en el horizonte 30-40 cm, y DLR, DR, y VolEsp y LonEsp en el horizonte 40-50 cm, donde se encontró la menor cantidad de la masa y LR. Utilizando los datos de LM y LC de manera conjunta, se observó que la RP fue significativamente asociada a los diferentes parámetros del sistema radical, y que los modelos cuadráticos ajustan mejor esas relaciones. La determinación del modelo cuadrático que relaciona RP y Vol Esp, podría emplearse con fines prácticos para la determinación de limitantes en el suelo: RP a la cual se decrece el VolEsp 6,04 MPa, siendo posible utilizarse para la determinación temprana y corrección de limitantes para maíz.

**Palabras Clave:** Maíz; raíces; índices; resistencia a la penetración; relación raíces propiedades suelo.

**SUMMARY**

The establishment of a relationship between soil physical properties and the root system of maize, *Zea mays* L., made it possible to determine soil constraints beforehand. In this work, an evaluation was made of the relationship between radical length, root mass density (RMD), root length density (RLD), mean root diameter (RD), and specific root volume (EspVol and length EspeLen) of maize planted under minimum (MT) and conventional tillage (CT), with some physical soil properties (soil resistance to penetrometer (SR), soil bulk density (SBD), macro- and micro-porosity, soil water content (SW), and soil texture). The soil was a Fluventic Haplustoll of the experimental field of CENIAP-INIA, located in Maracay, Aragua state at 10° 17' N and 67° 37' O, and 460 meters above sea level. Significant differences between MT and CT occurred for soil physical parameters SR and SW in the 20 to 50 cm soil layers, and for the root system properties in RLD and RMD in the 30-40 cm soil layer, and DLR and RD, EspVol, and EspeLen in the 40-50 soil layer, where the lowest amount of mass and root length was found. Combining the data for MT and CT together, it was found that SR was significantly related to all the root system parameters, and the quadratic models explained these relationships. The relationship between RP and EspVol, could be useful to predict soil constraints: the limiting RP, where the EspVol is reduced, was 61.6 kg/cm<sup>2</sup> (6.04 MPa).

**Key Words:** Maize; roots; index; resistance to penetration; relationships between roots and soil properties.

## INTRODUCCIÓN

La mayor proporción de nutrimentos y agua es adquirido por las plantas a través del sistema radical, el cual normalmente es alterado por propiedades, características naturales del suelo, o por condiciones de manejo como el tipo de labranza implementado. Por ello es necesario caracterizar el impacto de las propiedades físicas del suelo en el desarrollo del sistema radical, en características del mismo asociadas a la absorción de nutrimentos y agua, y desarrollar índices para el diagnóstico temprano de riesgos, para la implementación de prácticas de manejo correctivos.

Dentro de las características del sistema radical asociadas a la absorción de nutrimentos y agua, la especial atención se ha orientado hacia masa, longitud, área, y volumen radical, densidad radical DR (longitud de raíz por centímetro cúbico de suelo), profundidad de enraizamiento.

Así Shein y Pachepsky (1995), evaluando diferentes cultivos (maíz, algodón, y alfalfa) en diferentes condiciones de suelo, encontraron relación entre la DR y el potencial crítico de agua en el suelo. Otra variable, como la longitud radical (LR) es utilizada por Barber (1995) en el modelo de estimación de la absorción de nutrimentos. Van Noordwijk y Brouwer (1991), de una revisión de la data existente sobre parámetros del sistema radical, para diferentes cultivos, suelos, y condiciones de manejo, destacan la LR, la DR, el diámetro promedio, la relación longitud de raíz: unidad de masa de raíz (m/g raíz) como las principales variables evaluadas.

Así mismo, Van Noordwijk (1983) menciona la importancia de la DR en la estimación de absorción de agua y nutrimentos.

Con relación a las características del suelo, y condiciones de manejo que afectan el desarrollo del sistema radical, Qin *et al.* (2004) señala que la DR fue superior en sistema de labranza convencional (LC) en relación a labranza mínima (LM), y que bajo LM la densidad aparente ( $D_a$ ) del suelo fue superior en la capa superficial (0-25 cm). El diámetro promedio de las raíces fue superior en esta forma de labranza. Los mismos autores destacan la humedad, temperatura, y la porosidad del suelo como variables alterables por el sistema de labranza y que normalmente afectan el desarrollo del sistema radical, aunque indican que el efecto o impacto de algunas de estas características en el desarrollo del sistema radical, y desempeño general del cultivo, es afectado por las condiciones climáticas.

Otros factores como la forma de colocación del fertilizante, la cual puede afectar la disponibilidad de nutrimentos, también es señalada por Qin *et al.* (2004) quienes indican que en la banda de colocación del fertilizante se observa mayor densidad radical, aunque este efecto es dependiente del año de evaluación, lo cual esta asociado a la condición climática preponderante. En otras observaciones, García *et al.* (1988) destacan el mayor desarrollo de raíces en las áreas de mayor concentración de nutrimentos, como una medida de compensación.

La resistencia a la penetración de raíces, en la capa entre 5 y 20 cm, también ha sido señalada como una variable que afecta el desarrollo del sistema radical, y con ello el crecimiento temprano de maíz. En condición de mínima- o cero-labranza, se ha observado que el maíz explora menos volumen de suelo en comparación al suelo labrado (Hughes *et al.*, 1992). Así mismo Whiteley y Dexter (1982) indican la resistencia a la penetración, la humedad del suelo, y la  $D_a$  del suelo como variables susceptibles al tipo de labranza, y que afectan el desarrollo del sistema radical, aunque señalan que el efecto depende del cultivo.

Por su parte, Horne *et al.* (1992) detectaron, cuando evaluaron tres sistemas de labranza (Cero-labranza, labranza mínima, y labranza completa con arado de vertedera, diferencias en  $D_a$ , resistencia a la penetración, distribución del tamaño y estabilidad de agregados y porosidad total, así como en distribución de P, K, y pH del suelo, contenidos de carbono y capacidad de intercambio cationico.

En sus trabajos, Pabin *et al.* (1998) señalan el efecto de la resistencia a la penetración y  $D_a$  del suelo como factores que afectan el desarrollo del sistema radical, aunque el valor crítico de estos factores (valor por arriba del cual se afecta los parámetros del sistema radical) esta condicionado o afectado por el contenido de humedad del suelo y la proporción de partículas menores de 60 micras (arcilla y limo).

En Venezuela son pocos los estudios realizados para la caracterización del sistema radical del maíz, y de la evaluación cuantitativa del impacto de características o propiedades del suelo, afectadas normalmente por el tipo de labranza, en características del mismo. Así, Hernández (1999) en estudios del patrón de crecimiento del sistema radical del maíz, encontró que la resistencia a la penetración y la  $D_a$  del suelo, fueron determinantes en el comportamiento del sistema radical.

Mientras tanto, Alejos y Materan (1986) indican que las propiedades físicas del suelo como Da, porosidad, conductividad hidráulica, influyen marcadamente sobre la distribución horizontal y vertical del sistema radical del maíz.

En estudios realizados, Núñez y de Visual (1999) determinaron el efecto de la compactación de un suelo a capacidad de campo sobre la biomasa, longitud, volumen y densidad de las raíces de las plántulas de maíz, y encontrando que una capa de mayor Da (1,55 g/cc) que el resto del suelo (1,35 g/cc) redujo la biomasa radical, y la longitud y densidad de longitud radical (DLR), aunque el volumen radical se mostró poco afectado. Además, apreciaron una respuesta morfofisiológica de las plántulas de maíz al efecto de la alta Da del suelo.

A nivel de invernadero Rojas (1983), determinó el efecto que ocasionan horizontes compactados de suelo a diferentes profundidades sobre el desarrollo, crecimiento radical y nutrición mineral en plantas de maíz. El desarrollo radical se vio afectado tanto en longitud como en su morfología.

En este estudio se evaluó, a nivel de campo, el desarrollo del sistema radical del maíz cultivado en un suelo Fluventic Haplustoll de Maracay, y se relacionó con algunos parámetros de suelo. La evaluación de la relación de las propiedades físicas del suelo se realizó entre propiedades físicas evaluadas a los 75 días y los parámetros del sistema radical medido en ese tiempo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y características del experimento

El estudio se efectuó en un suelo Fluventic Haplustoll, ubicado en el Campo Experimental del CENIAP-INIA, Maracay, edo. Aragua a 10°17' N y 67° 37' O, con una elevación de 460 m.s.n.m. La evaluación del sistema radical del maíz se realizó en el sistema de producción maíz-rastrero, fertilizada y sembrado bajo LC y LM que forma parte de un estudio donde se evaluó el efecto de LC y LM en sistema de producción maíz-soya, maíz-frijol y maíz-rastrero, en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, con unidades experimentales de 10 x 10 m, la mitad de la cual se fertilizó con 120, 80 y 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente, aplicado en banda al momento de la siembra. El maíz se sembró en hilos separados a 75 cm, y a 20 cm entre plantas. En este trabajo, la evaluación del patrón de crecimiento del

sistema radical se realizó en 3 repeticiones del área fertilizada del sistema maíz-rastrero bajo LM, y en 3 repeticiones del sistema maíz-rastrero bajo LC.

### Muestreo, separación, y determinación de la longitud radical

En cada una de las repeticiones de LM y LC, se escogió una planta representativa donde se tomaron muestras de suelo de volumen conocido 1) sobre el eje de planta (0 cm), 2) a media distancia entre plantas sobre el hilo de siembra (10 cm), 3) sobre la banda de fertilización (5 y 8 cm de la planta) y 4) a media distancia entre hilos de siembra (35 cm), y a las profundidades de 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 cm., o hasta donde se observen raíces, con un barreno tipo uhlund de 8 cm de diámetro como lo sugiere Ramírez (1991). El muestreo en las profundidades indicadas es debido a que de estudios de otros autores (Ball-Coelho *et al.*, 1998; Allmaras y Nelson, 1971) se desprende que el tipo de labranza afecta la estratificación del sistema radical en el perfil del suelo, especialmente en los primeros horizontes del mismo.

La separación de raíces se realizó mediante la dispersión del suelo con Hexametáfosfato de sodio al 0,5 % y lavado con agua a presión (teniendo cuidado de no deteriorar las raíces), en un tamiz # 60 (250 micrómetros (Barley, 1955)). Las raíces obtenidas se guardaron en recipientes plásticos con etanol al 30 % y se mantuvo en cava de refrigeración (- 7 °C) hasta la determinación de la LR.

La LR se determinó mediante el procedimiento descrito por Bouma *et al.* (2000), el cual consistió en la coloración de las raíces con violeta de metilo diluido en metanol, y digitalización mediante un escáner. Las imágenes escaneadas se procesaron mediante el programa Delta-T Scan, para la estimación de la LR. La densidad radical (DR; cm/cm<sup>3</sup>) se calculó mediante la división de la LR entre el volumen de suelo extraído.

El diámetro promedio de los maíces, en cada muestra analizada se obtuvo mediante el programa Delta-T Scan, y el volumen (Vradical, cm<sup>3</sup>) y superficie radical (Supradical, cm<sup>2</sup>) se estimó utilizando el diámetro promedio de raíces y la LR. A las raíces, una vez determinada la LR, se les determinó la masa (g), estimándose la longitud específica (cm g<sup>-1</sup> raíz) y volumen específica (VolEsp, cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> raíz), el cual es el radio LR: masa raíces, y el radio volumen radical: masa raíces, respectivamente, algunas de estas variables consideradas por Van Noordwijk y Brouwer (1991).

La idea de la evaluación de la longitud, y VolEsp esta asociada a observaciones realizadas en algunas investigaciones donde se indica que, en algunos casos, la masa radical no es afectada por la acción de cierta condición limitante en el suelo, contrario a lo que ocurre con otros parámetros del sistema radical como la LR: en este sentido, se considera que una variable que relacione masa radical con otros parámetros del sistema radical como longitud, área, y volumen radical (área, longitud, y volumen específico), podrían ser mejores indicadores para evaluar el efecto de parámetros del suelo en el sistema radical. El concepto de área, longitud, y VolEsp es similar al indicado por Evans (1972) para área foliar específica, en el cual relaciona el área foliar con la masa de la misma.

### Determinación de las propiedades físicas del suelo

En cada una de las repeticiones de LM y LC se obtuvo 3 muestras de suelo no disturbadas con un muestreador tipo Uhland (5 cm de diámetro), a las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm, para la determinación de la Da, macro- y micro-porosidad, y porosidad total (Pla, 1977), humedad gravimétrica y textura. Así mismo en cada parcela se realizó análisis de resistencia a la penetración como lo indica Nacci y Pla (1992), con 3 repeticiones en cada parcela.

### Análisis estadístico de los resultados

Se realizó el análisis de resultados mediante el procedimiento Means, GLM, y Reg del programa SAS y se empleó la prueba de medias de Tukey (5%, SAS, 1998), para establecer la significancia de diferencias entre ellas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 y 2 se indica el promedio de las diferentes características del suelo, y de las variables del sistema radical evaluadas a los 75 d para los sistemas de LC y LM, respectivamente. Las características del sistema radical (Cuadro 2) son promedios a través de posiciones y repeticiones (parcelas) y tipo de labranza; las propiedades físicas (Cuadro 1) son promedios a través de repeticiones. Debe indicarse que entre en el período de evaluación de las características físicas del suelo (60 d), y del sistema radical (75 d) se produjo, en promedio de LM y LC, cerca del 63 % de la MS total del sistema radical lo cual se observó a los 75 d, lo que sugiere que las características del sistema radical están o son afectadas por las características físicas del suelo en ese período.

Para las características del suelo (Cuadro 1), en general, no se observaron diferencias significativas entre los dos sistemas de labranza cuando se evaluó horizonte por horizonte, con la excepción de la resistencia a la penetración y los contenidos de humedad en los horizontes del suelo 20-30, 30-40, y 40-50 cm. En este caso parece que las resistencias a la penetración más elevadas en la LC están asociadas a bajos contenidos de humedad en esos horizontes, y ello podría deberse al efecto de la labranza, y a condiciones de bajo suministro de agua por precipitación: en el período 45-60 d la precipitación acumulada fue de sólo 113,1 mm, y en el período 60-75 y 75-90 d de sólo 20,5 y 11 mm, respectivamente (Castro, 2007).

Los promedios de las diferentes características del suelo en el perfil del suelo (0-50 cm), promediado a través de horizontes, por tipo de labranza (Cuadro 1), destacan diferencias significativas para resistencia a la penetración (15,6 y 43,7 kg/cm<sup>2</sup>), humedad gravimétrica (21,2 y 15,5 %), micro porosidad (41,0 y 35,8 %) y macro porosidad (14,4 y 16,9 %) para LM y LC, respectivamente. El promedio del perfil del suelo refleja las diferencias entre LM y LC que hay entre horizontes para resistencia a la penetración, humedad, macro- y micro-porosidad. La resistencia a la penetración de penetrómetro (RP) por horizontes fluctuaron entre 1,75 y 26,5 kg/cm<sup>2</sup> y 7,20 y 65,7 kg/cm<sup>2</sup> para LM y LC, respectivamente (Cuadro 1).

Para los parámetros de raíces (Cuadro 2), los promedios por labranza, promediado a través de posiciones y horizontes, sólo mostró diferencias significativas para el diámetro de raíces donde en LC fue significativamente mayor que LM (0,45 y 0,41 cm, respectivamente). Del análisis por horizontes sólo se observó diferencias significativas en DLR y DMR en el horizonte 30-40 cm, y para DLR, diámetro de raíces y longitud (LonEsp) y VolEsp en el horizonte 40-50 cm, pero no se observó diferencias significativas en los horizontes desde 0 hasta 30 cm, donde fue mostrado más del 90 % de la longitud y masa radical (Castro, 2007). La DLR más elevadas se observan en todos los horizontes en el tratamiento de LM en relación a LC, y la RP en LM son inferiores a las de LC.

Debido a que las diferencias entre los parámetros de raíces en LM y LC sólo ocurrió normalmente en los horizontes inferiores donde la MS y la LR es poca en relación a la total del sistema radical, con la excepción del diámetro en el horizonte 0-5 cm, se utilizó la información conjunta de raíces de LM y LC para relacionarla

con algunas de las características físicas del suelo. Utilizando los promedios a través de repeticiones de cada una de las propiedades físicas de cada horizonte para cada parcela evaluada, y los promedios a través de las posiciones de las características del sistema radical en cada horizonte para cada parcela, se realizó análisis de correlación y regresión. De los análisis realizados se destacó la relación entre la resistencia a la penetración con la LR, DLR, diámetro radical, y con la longitud y VolEsp (Figuras 1, 2, 3, 4, 5).

La relación más significativa entre la resistencia a la penetración y las características del sistema radical, coinciden con lo indicado por Taylor y Gardner (1963), para raíces de algodón, quienes indican que se observó mejor relación entre el porcentaje de penetración de la raíz y la resistencia a la penetración que con la Da o el contenido de humedad del suelo. Señalan que con una resistencia de 1 MPa observaron que 70% de las raíces penetraron, 30% entraron cuando la resistencia a la penetración incremento a 2 MPa, y que no hubo acceso (0%) cuando la resistencia a la penetración fue de 2,9 MPa.

La disminución que se observa en densidad radical con el incremento en la profundidad en el suelo (Cuadro 2), coincide con el incremento de la resistencia a la penetración con la profundidad en el perfil del suelo

(Cuadro 1). Por otra parte, la disminución, y luego incremento del diámetro promedio de raíces con el aumento en la resistencia a la penetración, podría sugerir que la respuesta del sistema radical al crecimiento de la RP inicialmente sería a desarrollar raíces más delgadas, pero cuando la RP alcanza valores más elevados limita drásticamente el desarrollo de las raíces, y esta como respuesta crea raíces más gruesa debido a mayor expansión radial (Atwell, 1990).

En todos los casos se obtuvo que los modelos cuadráticos son los que mejor ajustan la relación entre la resistencia a la penetración y los parámetros del sistema radical, sugiriendo que existe un límite en el parámetro RP del suelo que pudiera limitar el desarrollo de la LR.

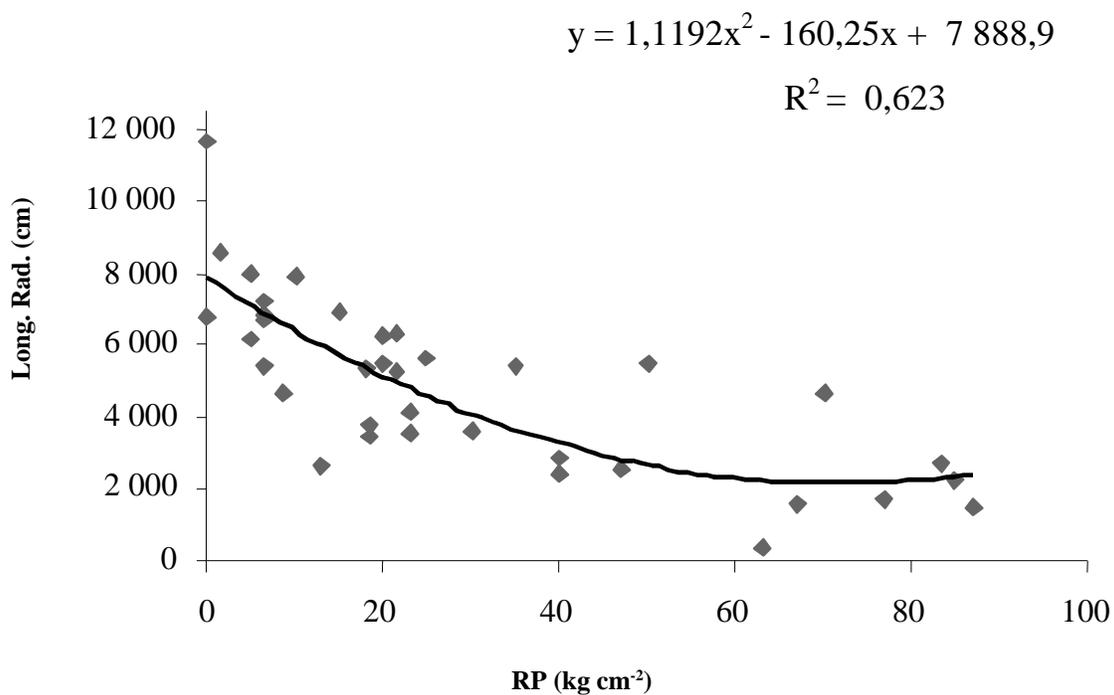
De la segunda derivada de las funciones cuadráticas de los diferentes modelos se observa que el valor limitante de RP, arriba del cual se observa que existen limitaciones para LonEsp, VolEsp, y diámetro radical es de 46,8 61,6, 41,7 kg cm<sup>-2</sup> (4,59, 6,04 y 4,09 MPa). Estos valores están en el rango de las resistencias a la penetración limitantes (entre 2 y 6,5MPa) para diferentes cultivos (maní y algodón), y diferente textura del suelo (franco arenoso y arcilloso) señalados por Bengough y Mullins (1990).

**CUADRO 1.** Principales características físicas del suelo en los tratamientos de labranza mínima y labranza convencional a los 60 días luego de la germinación.

Profundidad cm	Parámetros del suelo												
	RP (kg cm <sup>-2</sup> )		Contenido humedad g/g		Da (g cm <sup>-3</sup> )		Porosidad Total (%)		Microporosidad (%)		Macroporosidad (%)		
	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	
0 - 5	1,7	7,2	24,4	19,7	1,64	1,62	55,5	57,5	37,6	38,2	17,3	19,3	
5 - 10	5,6	11	21,9	18,3	1,74	1,7	55,4	51	42	36,6	13,4	14,5	
10 - 20	17,2	52,2	20,4	16	1,72	1,73	52,7	52,4	38,4	36	14,4	16,5	
20 - 30	21,7b	65,0a	19,6a	13,5b	1,69	1,68	56,3	50,3	41,1	33,2	15,2	17	
30 - 40	26,56b	61,3a	19,8a	13,0b	1,73	1,68	56,7	52,4	44,1	34,1	12,6	18,2	
40 - 50	21,0b	65,7a	21,2a	12,3b	1,67	1,7	55,7	52,8	42,6	36,8	13,1	16	
Promedio													
0-5	15,6b	43,7a	21,2a	15,5b	1,7	1,69	55,4	52,7	41,0 a	35,8b	14,4b	16,9a	

**CUADRO 2.** Principales características del sistema radical de maíz en los tratamientos de labranza mínima y labranza convencional a los 75 días luego de la germinación.

Profundidad cm	Parámetros de raíces									
	Densidad longitud		Diámetro promedio		Densidad MS raíces		Longitud específica		Volumen específico	
	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC
0 - 5	2,1	1,9	0,44 b	0,51 a	2,88	3,81	4 387	7 070	4,35	6,05
5 - 10	1,7	1,6	0,42	0,47	0,55	0,56	6 260	5 669	6,91	8,04
10 - 20	0,7	0,5	0,44	0,44	0,14	0,13	7 397	5 953	10,49	8,01
20 - 30	0,7	0,4	0,4	0,43	0,11	0,1	8 873	7 321	10,1	9,52
30 - 40	0,6 a	0,2 b	0,37	0,39	0,08 a	0,03 b	10 735	8 487	11,09	9,71
40 - 50	0,5 a	0,2 b	0,38 b	0,43 a	0,05	0,03	11 407 a	6 475 b	12,63 a	8,67 b
Promedio	1	0,8	0,41b	0,45a	0,58	0,76	8 177	6 834	9,26	8,33
0-50	n=72	n=71	n=72	n=71	n=72	n=71	n=72	n=71	n=72	n=71

**FIGURA 1.** Relación entre resistencia a la penetración (RP) del penetrómetro y longitud radical (Long. Rad).

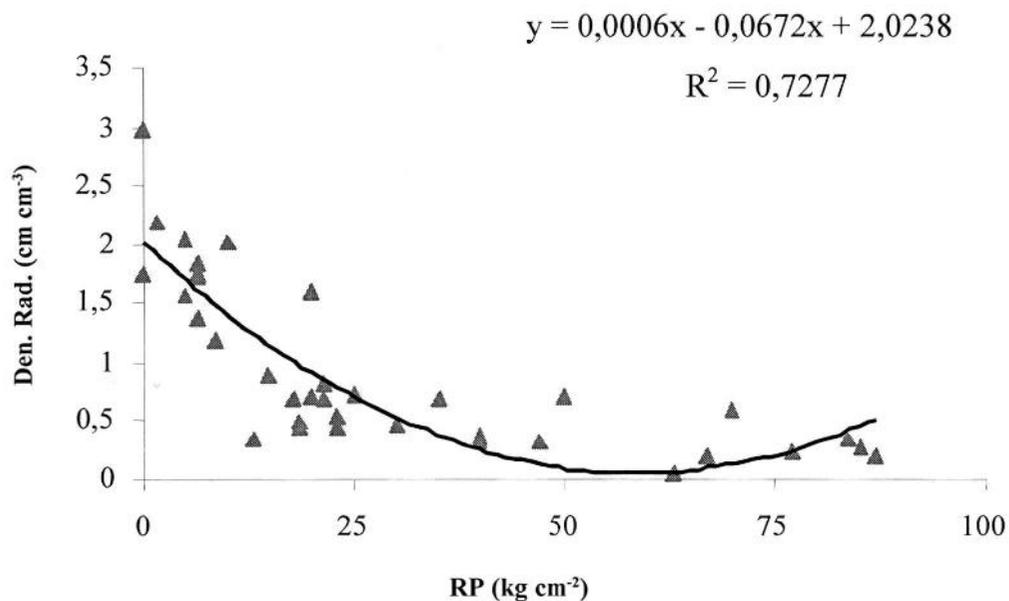


FIGURA 2. Relación entre resistencia a la penetración (RP) del penetrómetro y la densidad radical (Den. Rad.).

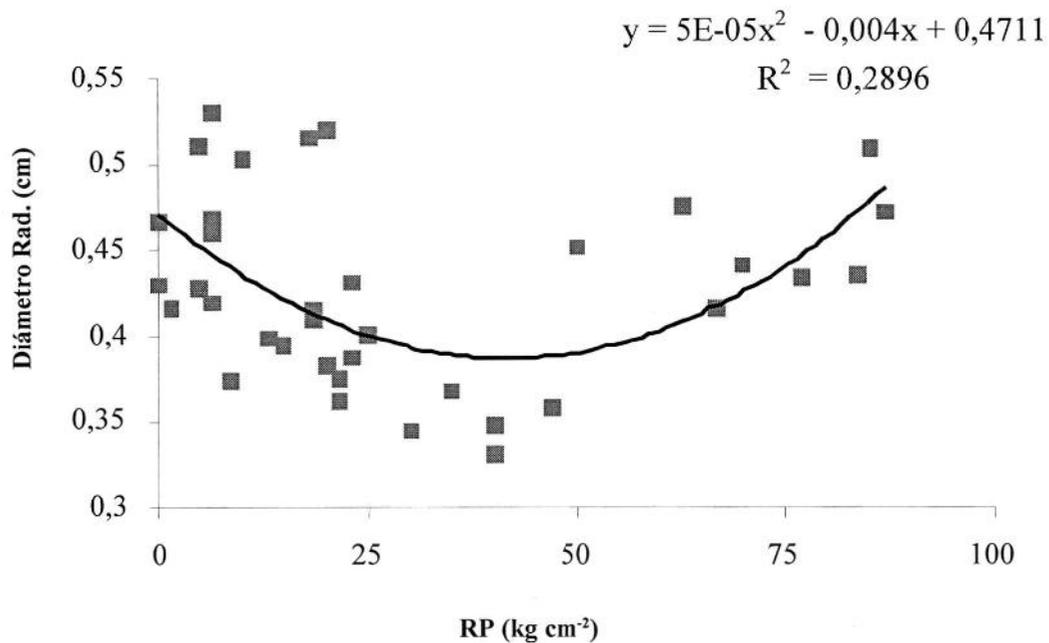
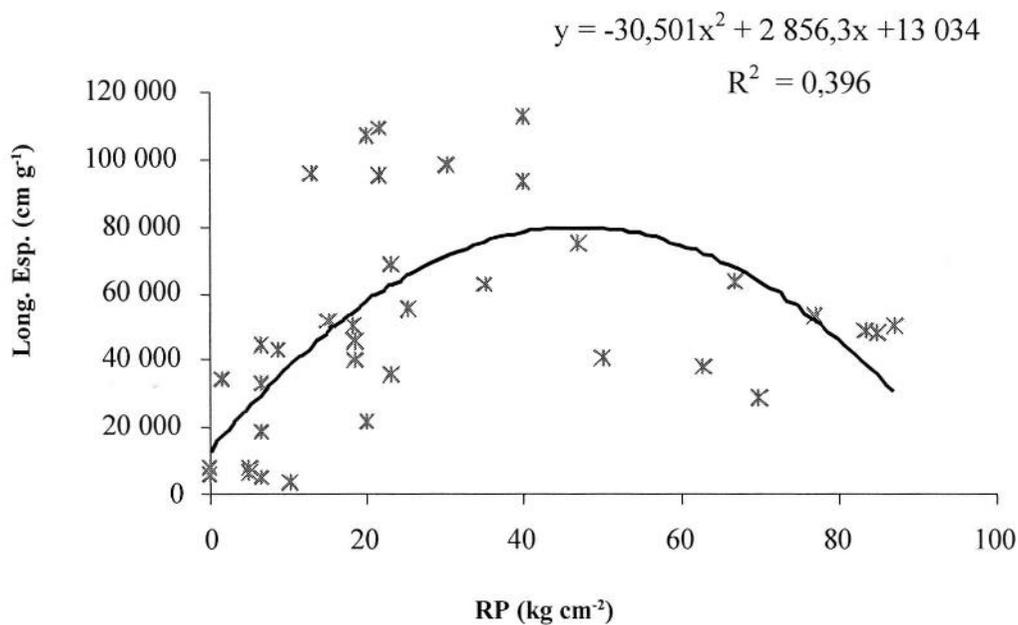
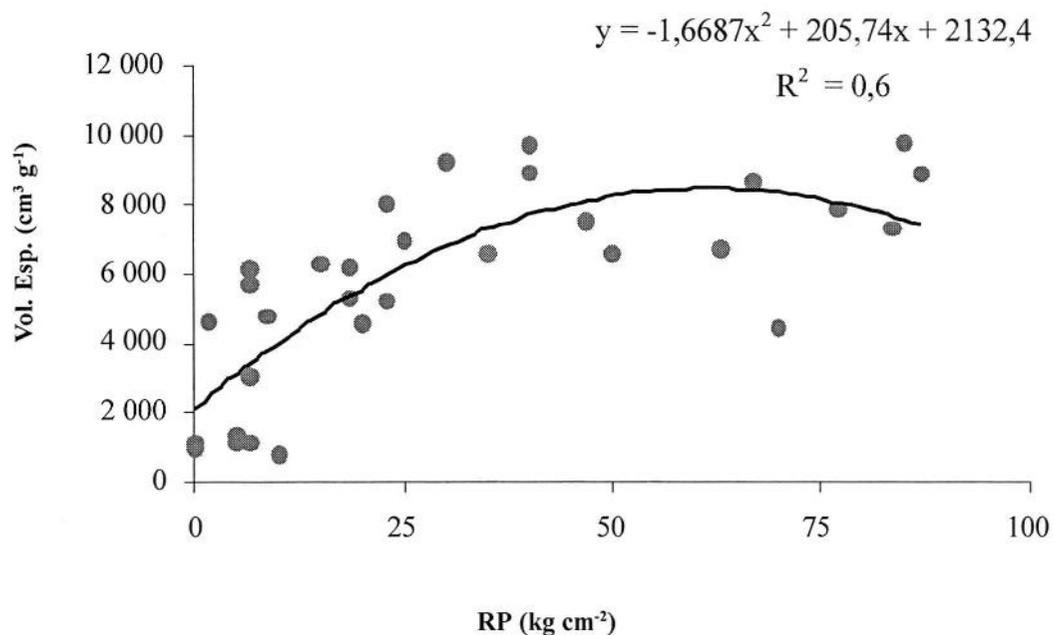


FIGURA 3. Relación entre resistencia a la penetración (RP) del penetrómetro y el diámetro radical (Diámetro Rad.)



**FIGURA 4.** Relación entre resistencia a la penetración (RP) del penetrómetro y la longitud específica (Lon. Esp.)



**FIGURA 5.** Relación entre resistencia a la penetración del penetrómetro (RP) y el volumen específica (Vol. Esp.)

La relación entre la RP y el VolEsp de la raíz presentó la mayor determinación ( $r^2 = 0,60$ ; Figura 5) comparado con el parámetro de LongEsp), lo que podría, en parte, estar asociado a que en el cálculo del VolEsp, a diferencia del cálculo de la LongEsp, se emplea el diámetro de las raíces, que es afectado como se indicó previamente, por la resistencia a la penetración.

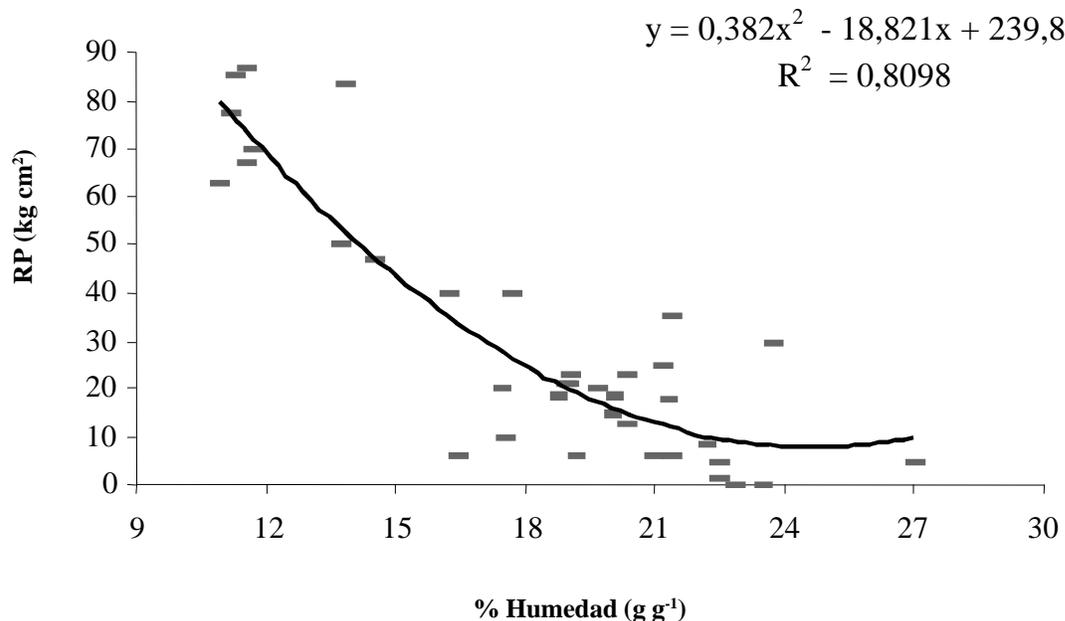
Finalmente, debido a que la Da y textura del suelo no varían notablemente entre los puntos de muestreo, ya que existe una significativa relación entre RP y humedad gravimétrica del suelo (Figura 6), se cree que la RP está afectada en gran medida por esta última. La relación entre humedad gravimétrica y RP indica que la variación en RP es explicada en un 81% ( $r^2 = 0,81$ ; Figura 6) por el contenido de humedad del suelo.

## CONCLUSIONES

- En estos suelos de textura gruesa (franco arenosa), el efecto de la RP podría estar afectada por el conte-

nido de humedad del suelo: se observó una significativa relación entre contenido de humedad y RP.

- La LR, DR, y diámetro de raíces, así como los parámetros intrínsecos de las raíces como el VolEsp ( $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ ), están relacionados a la resistencia a la penetración. Sin embargo, se cree que las características propias de las raíces (ejemplo: longitud, área, y VolEsp) expresan mejor el impacto de las características del suelo en el desarrollo del sistema radical.
- De la relación entre RP y VolEsp, obtenida empleando los datos de RP de los diferentes horizontes del suelo hasta 50 cm de profundidad, se obtuvo que la RP limitante es de  $61,6 \text{ kg cm}^{-2}$  ( $6,04 \text{ MPa}$ ). Este valor de RP limitante puede ser utilizado como índice para la determinación previa de una limitación y para la recomendación de prácticas de manejo correctivas previo a la siembra del cultivo.



**FIGURA 6.** Relación entre la humedad y la resistencia a la penetración del penetrómetro (RP).

## BIBLIOGRAFÍA

- Alejos, G. y M. Materán. 1986. Efecto de diferente labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, distribución radical y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis pre-grado. Maracay. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Allmaras, R. R. and W. W. Nelson. 1971. Corn (*Zea mays* L.) root configuration as influenced by some row-interrow variants of tillage and straw mulch management. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 974-980.
- Atwell, B. J. 1990. The effect of soil compaction on wheat during early tillering. I. Growth, development and root structure. *New Phytol.* 115:29-35.
- Ball-Coelho, B. R., R. C. Roy and C. J. Swanton. 1998. Tillage alters corn root distribution in coarse – textured soil. *Soil Tillage Res.* 45: 237-249.
- Barber, S. A. 1995. *Soil nutrient Bioavailability: A mechanistic Approach.* 2<sup>nd</sup> edition. Jhon Wiley & Sons, Inc. USA. 414 p.
- Barley, K. P. 1955. The configuration of the root system in relation to nutrient uptake. *Adv. in Agron.* 22:159-197.
- Bengough, A. G. and C. E. Mullins. 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *J. Soil Sci.* 41:341-358.
- Bouma, T. J., K. L. Nielsen y B. Keutstaal. 2000. Protocolo de preparación de muestras y escaneo para análisis computarizado de la longitud radical y el diámetro radical. *Plant and Soil* 218:185-196.
- Castro, L. 2007. Evaluación del impacto de sistemas de labranza en el patrón de crecimiento del sistema radical del maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo del estado Aragua. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. 80 p.
- Evans, G. C. 1872. *The quantitative analysis of plant growth.* 1era edición. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. England.
- García, F., R. M. Cruse and A. M. Blackmer 1988. Compaction and nitrogen placement effect on root growth, water depletion and nitrogen uptake. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 52:792-798.
- Hernández, C. 1999. Establecimiento y dinámica de crecimiento del perfil radical del maíz (*Zea mays* L.) en un suelo Vertisol sometido a prácticas de labranza. Tesis pre-grado. Maracay. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Horne, D. J., C. W. Ross and K. A. Hughes. 1992. A 10-year maize/oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand. 1. A comparison of some soil properties.. *Soil Tillage Res.* 22:131-143.
- Hughes, K. A., D. J. Horne, C. W. Ross, and J. F. Julian. 1992. A 10-year maize/oat rotation under three tillage systems. 2. Plant population, root distribution and forage yields. *Soil Tillage Res.* 22:145-157.
- Nací, S. y I. Pla. 1992. Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. *Agronomía Trop.* 42:115-132.
- Núñez, M. C. y E. C. De Visual. 1999. Efecto de la compactación del suelo sobre algunos parámetros morfológicos del desarrollo radical del maíz. *Agronomía Trop.* 49(1):93-106.
- Pabin, J., J. Lipiec, S. Wlodek, A. Biskupski and A. Kaus. 1998. Critical soil bulk density and strength for pea seedling root growth as related to other soil factors. *Soil Tillage Res.* 46:203-208.
- Pla, I. 1977. Metodología para caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, Ven. UCV-FAGRO. 112 p.
- Qin, R., P. Stamp and W. Richner. 2004. Impact of Tillage on Root Systems of Winter Wheat. *Agron. J.* 96(6):1.523-1.529.
- Ramírez Ospina, G. 1991. Determinación del patrón de crecimiento radical de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en un suelo de Maracay. Tesis de Grado. Maracay, Edo. Aragua. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.

- Rojas, A. 1983. Efectos de la profundidad del horizonte compactado sobre el desarrollo, crecimiento radical y toma de nutrientes en las plantas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis pre-grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Shein, E. V. and Y. A. Pachepsky. 1995. Influence of root density on the critical soil water potencial. *Plant and Soil*. 171:351-357.
- Statistical Analysis System. 1998. SAS/Stat User's guide. Version 7.0. Statistical analysis system Institute. Cary, NC. USA.
- Taylor, H. and H. R. Gardner. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. *Soil Sci*. 96:153-156.
- Van Noordwijk M. 1983. Functional interpretation of root densities in the field for nutrient and water uptake. *Int. Symposium Root ecology and its practical application*. Gumpenstein, 1982. 207-226.
- Van Noordwijk, M. and G. Brouwer. 1991. Review of quantitative root length data in agriculture. **In:** *Plant root and their environment*. By B.L. McMichael and H. Persson. Elsevier Science Publishers B.V. 515-525.
- Whiteley, G. M. and A. R. Dexter. 1982. Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and non-tilled soil. *Soil Tillage Res*. 2:379-393.

**EFFECTO DEL ESCALDADO Y LA ADICIÓN DE PRESERVATIVOS SOBRE LA CALIDAD DE LA PULPA DE MANGO TIPO ‘BOCADO’ ALMACENADA BAJO REFRIGERACION<sup>1</sup>**

**EFFECT OF BLANCHING AND PRESERVATIVE ADDITION ON THE QUALITY OF THE MANGO PULP TYPE ‘BOCADO’ STORED UNDER REFRIGERACION<sup>1</sup>**

Judith Zambrano\*, Anne Valera\*, Miguel Maffei\*\*, William Materano\* e Ibis Quintero\*

<sup>1</sup>Trabajo financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes.

\* Profesores. Núcleo Universitario Rafael Rangel. ULA. Grupo de Investigación de Fisiología de Poscosecha. Trujillo. Venezuela. E-mail: zjudithe@ula.ve \*\*Ing. Agrícola NURR-ULA.

**RESUMEN**

Se estudió el efecto del escaldado con vapor y la adición de preservativos sobre las propiedades químicas, reológicas y organolépticas de la pulpa de mango, *Mangifera indica* L., tipo ‘Bocado’ almacenada a  $0 \pm 0,5$  °C. Se utilizaron frutos de mango Bocado en estado de madurez de consumo, libres de daños mecánicos y fitosanitarios. Se aplicó escaldado a vapor durante 6 min a la mitad de los frutos (N= 100), mientras la otra mitad fue usada sin escaldar; posteriormente se extrajo la pulpa, dividiéndose en dos partes. A una parte de la pulpa se le adicionó ácido cítrico al 0,3% y benzoato de sodio al 0,1%. La pulpa se empacó en bolsas de polietileno (150 g/bolsa), sellándose al vacío y almacenándose. Se realizaron evaluaciones a los 0, 30, 60, 90 y 120 d de los parámetros acidez, sólidos solubles totales (SST), azúcares totales y reductores, ácido ascórbico, carotenoides totales, medidas reológicas (n y K) y evaluación sensorial. Se observó efecto significativo de los factores evaluados sobre los parámetros químicos, con diferencias ( $P \leq 0,05$ ) evidente en la pulpa escaldada respecto a la no escaldada, así como la adición o no de preservativos. Los valores de n revelaron comportamiento que caracteriza a los fluidos pseudoplásticos. La evaluación sensorial (apariencia y sabor) favoreció la pulpa de mango escaldada con adición de preservativos. En conclusión, el escaldado de los mangos durante 6 min y la adición de preservativos permite conservar pulpas con características químicas y calidad sensorial aceptable.

**Palabras Clave:** Pulpa de mango; *Mangifera indica* L.; calidad; escaldado; preservativos; almacenamiento bajo refrigeración.

**SUMMARY**

The effect of steam blanching with preservative addition on the chemical, rheological and organoleptic properties of mango pulp type ‘Bocado’, stored at  $0 \pm 0,5$  °C was studied. Fully mature undamaged mango fruits were used. Half of the fruits (N= 100) was treated with steam blanching during 6 min, the other half was left unblanched, later the pulp was extracted. Citric acid 0,3% and sodium benzoate 0,1% were added to half of the pulp. Then the pulp was packed in polyethylene bags (150 g per bags), vacuum sealed and stored. Evaluations of the following parameters: acidity, total soluble solids (TSS), total and reducing sugars, ascorbic acid, total carotenoids, rheological measurements and sensorial evaluation were made at 0, 30, 60, 90 and 120 days of storage. A significant effect was observed of the combined treatments on chemical parameters with evident differences in the blanched pulp with respect to unblanched pulp, as well as the addition or not of preservatives. The values of n revealed the behavior of the pseudoplastic fluids. Sensorial evaluation favored blanched mango pulp with preservative addition. In conclusion blanching mangoes during 6 min and the addition of preservatives allows the preservation of pulps with acceptable chemical characteristics and sensory quality.

**Key Words:** Mango pulp; quality; blanching; preservatives; refrigerated storage.

## INTRODUCCIÓN

El mango, *Mangifera indica* L., es uno de los frutos tropicales conocidos a nivel mundial por su agradable sabor, aroma y color, tanto externo como interno, y se considera altamente nutritivo por su alto contenido en vitaminas A, C y minerales como el hierro y fósforo; además es fruta ideal como parte en la dieta diaria gracias a su apreciable contenido en fibra. Estas características le han permitido una amplia difusión por regiones tropicales y subtropicales (Mitra y Baldwin, 1997).

El mango es consumido tanto en estado fresco como en su forma procesada. La necesidad de desarrollar esquemas de procesamiento ligero de frutas, que permitan producir productos con características sensoriales similares a la materia prima de origen y al mismo tiempo obtener una vida comercial razonable del producto, plantea hoy en día amplias perspectivas de aplicación industrial en la fabricación de materias primas pre-procesadas para ser utilizadas posteriormente en la industria (Millán Trujillo *et al.*, 2001).

Productos del mango como la pulpa de la fruta obtenida de la parte comestible de la misma, puede ser utilizada como materia prima para el procesamiento de otros productos como jaleas, néctares, jugos y concentrados con gran importancia comercial (Iagher *et al.*, 2002); sin embargo, su consumo como tal, es limitado debido a los cambios indeseables causados por la acción de las enzimas presentes en la fruta. La adición de aditivos es recomendable para prolongar la vida útil de materias primas pre-procesadas de frutas. Uno de estos aditivos es el ácido cítrico, el cual es usado como acidulante, para evitar el crecimiento de microorganismos, y permitir la acción del preservante utilizado (Chiplly, 1983).

Sobre la base de los aspectos señalados, el escaldado puede representar una alternativa que favorece la inactivación de las enzimas, elimina el aire ocluido en el interior de la fruta, reduce el número de microorganismos, remueve aromas y sabores indeseables, fija el color y ablanda la fruta para facilitar el pelado y el posterior despulpado de la fruta (Díaz de Tablante *et al.*, 1993; Tapia *et al.*, 1996). Existen dos formas principales de efectuar el escaldado: inmersión en agua hirviendo y aplicación de vapor sobre la fruta. El tiempo de escaldado deberá ser el suficiente para alcanzar una temperatura en el interior de la fruta de 75°. Normalmente ésta se alcanza entre 5 y 10 min para el agua en ebullición, y aproximadamente 5 min con el uso de vapor. Este trabajo se planificó con el objetivo de estudiar el

efecto del escaldado a vapor y el uso de preservativos sobre las propiedades químicas, reológicas y organolépticas de la pulpa de mango Bocado almacenada a  $0 \pm 0,5$  °C.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Pulpa de Mango

Se utilizaron 200 frutos de mango tipo Bocado cosechados en estado de madurez de consumo (color de la piel y textura uniforme, características del fruto) en huertos caseros de la población de Monay, estado Trujillo. Los mangos previamente seleccionados por criterios de homogeneidad, libres de daños mecánicos y fitosanitarios, se lavaron y desinfectaron con solución al 0,1% de hipoclorito de sodio.

Los frutos fueron separados en dos lotes de 100 frutos cada uno. De los lotes uno fue expuesto al vapor de agua durante 6 min y posterior enfriamiento, mientras que el segundo lote no fue expuesto al vapor. Inmediatamente se realizó un pelado manual con cuchillo. A los frutos pelados de los dos lotes se les eliminaron las semillas, extrayéndoseles la pulpa, la cual fue homogeneizada bajo condiciones asépticas (higienización del área de trabajo, operarios, materiales y equipos).

A continuación, a la mitad de la pulpa de cada uno de los lotes se le adicionó ácido cítrico al 0,3 % y benzoato de sodio al 0,1% (ambos de uso comestible, grado comercial). Luego la pulpa (aproximadamente 150 g) fue empacada en bolsas de polietileno de baja densidad de 0,0004 pulgadas de espesor. Pulpa sin adición de preservativo también fue empacada. Las bolsas fueron selladas herméticamente al vacío y almacenadas a  $0 \pm 0,5$  °C. Se realizaron evaluaciones a los 0, 30, 60, 90 y 120 d. Las bolsas se acumularon para cada tiempo de evaluación por triplicado.

### Análisis Químicos

La acidez titulable (AT) se determinó por titulación con NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH=8,1 expresando los resultados en g ácido cítrico  $100 \text{ g}^{-1}$  pulpa (AOAC, 1984). El contenido de sólidos solubles totales (SST) se determinó por refractometría en una alícuota del sobrenadante de pulpa centrifugada a 4000 rpm durante 5 min, expresando los resultados en °Brix (COVENIN, 1983).

El contenido de azúcares totales (CAT) fue determinado mediante la técnica de Ting (1956) con ciertas modificaciones (reflujo de la muestra con etanol al 80 % durante 1h a 80 °C) utilizando 3 g de muestra de pulpa, mientras que el contenido de azúcares reductores (CAR) se determinó por el método del ácido dinitrosalicílico (Miller, 1959) expresando el resultado en g/100g de pulpa fresca. El contenido de carotenoides totales (CCT) se determinó fotométricamente a 450 nm (Sharon-Raber y Khan, 1983) utilizando un espectrofotómetro marca Perkin Elmer® Lambda 950 UV/VIS/NIR, USA.

El ácido ascórbico se determinó por método titrimétrico usando el 2,6-dichlorophenol-indophenol de acuerdo al método descrito por la AOAC (1990).

### Medidas Reológicas

Las propiedades reológicas de la pulpa de mango fueron medidas usando el viscosímetro Brookfield digital Rheometer (Model DV-III, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, MA). Las mediciones se realizaron a 25 °C. Las lecturas fueron ajustadas mediante el modelo de Ostwald-De Waale, también conocido como ley de la potencia (Sherman, 1970), según la siguiente ecuación:

$$\tau = K \dot{\gamma}^n$$

donde, K = índice de consistencia de flujo (cP); n = índice de comportamiento al flujo;  $\tau$  = valor de esfuerzo cortante (shear stress);  $\dot{\gamma}$  = velocidad de deformación (shear rate).

### Evaluación sensorial

Muestras de pulpa de mango fueron evaluadas en cuanto a apariencia general (intensidad y uniformidad del color) y sabor por 16 panelistas no entrenados, utilizando para ello una escala hedónica de 9 puntos (1= me disgusta extremadamente el producto, 9= me gusta extremadamente el producto según Lyon (2000).

### Análisis Estadísticos

El modelo estadístico correspondió a un diseño jerárquico en tres etapas con tres replicaciones, donde existen dos niveles del factor escaldado (A), dos niveles del factor preservativo (B) jerarquizados bajo cada nivel de A y cinco niveles del factor días de almacenamiento jerarquizados dentro de B.

El análisis de varianza (ANOVA) se obtuvo con la ayuda del sistema de análisis de datos SAS® (2001). El grado de significancia de la prueba de F para el ANOVA fue aceptada con un nivel de error tipo III al 5% ( $P \leq 0,05$ ), y para la comparación de medias se utilizó la prueba t de Student.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en los factores escaldado, preservativo y tiempo de almacenamiento para el contenido de SST y la acidez (Cuadro 1). En la pulpa de mango escaldada con o sin adición de preservativos, los SS fueron mayores comparados con la pulpa no escaldada (Cuadro 2). Las muestras con preservativo (escaldas o no) mostraron un mayor contenido de SST que las muestras no preservadas, manteniéndose este comportamiento durante los 120 días de almacenamiento. Sin embargo, a lo largo del período evaluado, las concentraciones de SST fueron disminuyendo en el tiempo para todas las muestras evaluadas. Este comportamiento podría atribuirse al incremento de la actividad metabólica de los sustratos presentes en los SST.

Durante el tiempo de almacenamiento se encontró un aumento significativo ( $P \leq 0,05$ ) de la acidez en la pulpa sin escaldar en presencia o ausencia de preservativos. A los 120 d de almacenamiento, la acidez fue máxima en la pulpa sin escaldar y sin adición de preservativos. Este incremento cotejado con la pulpa escaldada puede ser atribuido probablemente a la fermentación de los monosacáridos. Similar tendencia fue señalada por Amba Dan y Adsule (1979) y Krishna *et al.* (1982).

Los resultados que se presentan en el Cuadro 1 revelan que hubo diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) debidas al efecto de los tres factores estudiados sobre el contenido de ácido ascórbico (CAA). Se observó una disminución a medida que extendía el tiempo de almacenamiento del producto, siendo aún menor en la pulpa sin escaldar. (Cuadro 3). Al término del almacenamiento los tratamientos mostraron valores de 34,666 y 28,833 mg 100g<sup>-1</sup> de pulpa, para las pulpas escaldadas con y sin preservativos, respectivamente. En lo que respecta a la pulpa sin escaldar el CAA fue aún menor, 29,433 y 26,300 mg 100g<sup>-1</sup> de pulpa, para las pulpas con y sin preservativos, respectivamente.

Estos resultados ponen de manifiesto que el escaldado reduce significativamente la destrucción del AA durante

el almacenamiento. La pérdida de AA por efecto del almacenamiento ha sido demostrada por varios autores. Así, Marín *et al.* (1992) encontraron que el CAA decreció considerablemente en mango en rodajas congeladas durante 4 meses. Similar tendencia fue observada en pulpa de mango 'Totapuri' congelada durante 18 meses en función del tiempo de almacenamiento (Ramana *et al.*, 1984).

En cuanto a los CCT se evidenciaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) debidas tanto al escaldado como al preservativo y el tiempo de almacenamiento (Cuadro 1). En el Cuadro 4 se observa disminución del CCT a medida que trascurrió el tiempo de almacenamiento siendo ésta más acentuada en la pulpa sin escaldar comparada con la pulpa escaldada, perdiéndose aproximadamente 20 y 13% respectivamente, en presencia de preservativos.

El escaldado puede reducir el CCT en forma inicial, pero, prevendrá mayores pérdidas posteriores durante el procesamiento y almacenamiento (Rodríguez-Amaya, 1999). En otro estudio (Baloch, 1987) con zanahorias deshidratadas envasadas al vacío y mantenidas a 37 °C, se retuvo sólo un 33% de los carotenoides originales en la zanahoria sin escaldar, después de 440 d de almacenamiento, y el 48% de los carotenoides en zanahoria deshidratada escaldada durante 5 min. El efecto beneficioso del escaldado sobre la estabilidad de los carotenoides durante el almacenamiento, se atribuye por lo general a la inactivación de las enzimas (peroxidasa y lipoxidasa) que catalizan la destrucción de carotenoides (Rodríguez-Amaya, 1999).

Los valores del CAT y CAR registraron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) debidas al escaldado, la adición de preservativos y el tiempo de almacenamiento (Cuadro 1). En el Cuadro 4 se muestran los valores del CAT y CAR, pudiéndose observar que los CAT de la pulpa escaldada fluctuaron entre 10 766 y 11 066 g 100g<sup>-1</sup> en presencia de preservativos y de 10 596 a 10 733 g 100g<sup>-1</sup> de pulpa en ausencia de preservativos. El CAT alcanzó 2,4 y 2,2 100g g<sup>-1</sup> en la pulpa escaldada con o sin preservativos respectivamente. Resultados similares fueron encontrados por Rivas y Figueroa (1979) en pulpa de mango 'Glenn' pasteurizada y no pasteurizada, congelada a -10 °C. Este aumento pudiera atribuirse a la generación de azúcares de las reservas de almidón (Whistler y Daniel, 1985).

El índice de flujo (n) y el índice consistencia (K) de la pulpa de mango escaldada y no escaldada, con o sin adición de preservativos, almacenada durante 120 d a  $0 \pm 0,5$  °C se presenta en el Cuadro 5. Los valores de n revelan que la pulpa de mango asume el comportamiento reológico de los fluidos pseudoplásticos, la forma como se comportan muchos derivados de frutas y vegetales como algunos zumos y purés de frutas (Saravacos, 1970).

El índice de flujo (n) exhibió mayores valores en la pulpa no escaldada con o sin adición de preservativos, comparada con la pulpa escaldada. Durante el período de almacenamiento (120 d) el índice de flujo declinó y la consistencia se acrecentó en la pulpa escaldada, no obstante, en la pulpa sin escaldar, el índice de flujo incrementó y la consistencia disminuyó.

**CUADRO 1.** Análisis de variancia mostrando la significancia de los efectos escaldado y preservativo para las variables SST, acidez titulable, ácido ascórbico, carotenoides totales, azúcares totales y reductores, n y K de pulpa de mango Bocado almacenada a  $0 \pm 0,5$  °C.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados							
	SST	Acidez	Ácido Ascórbico	Carotenoides Totales	Azúcares Totales	Azúcares Reductores	n	K
Escaldado	3,360666*	0,527531*	4,05600*	46,816666*	0,7548812*	0,770666*	0,11792*	4081107,1*
Escaldado (Preserv)	278,2483*	0,018569*	281,732*	19,143000*	0,5243483*	0,353416*	0,05536*	6090775,0*
Días(Escald*Preser)	65,415750	0,1199489	65,1189*	18,893333*	0,1170941*	0,085104*	0,008967	15164752,7

\* Significante a  $P = 0,05$ .

**CUADRO 2.** Efecto del escaldado a vapor y la adición de preservativos sobre el contenido de sólidos solubles totales (% SST) y acidez titulable (g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> pulpa) en pulpa de mango ‘Bocado’ almacenada a 0±0,5 °C.

Almacenamiento (Días)	Escaldado	SST		Acidez	
		Preservativos		Preservativos	
		Si	No	Si	No
0	Escaldada	44,166 a	37,833 b	0,301 a	0,304 a
	S/escaldar	44,633 a	37,333 b	0,298 a	0,309 a
30	Escaldada	43,766 a	35,833 b	0,305 b	0,332 ab
	S/escaldar	43,823 a	35,323 b	0,312 b	0,360 a
60	Escaldada	41,333 a	37,267 b	0,360 a	0,375 b
	S/escaldar	41,166 a	37,334 b	0,430 a	0,480 b
90	Escaldada	37,266 a	32,566 c	0,385 c	0,410 c
	S/escaldar	36,200 b	31,869 c	0,665 b	0,795 a
120	Escaldada	34,666 a	28,869 b	0,435 c	0,455 c
	S/escaldar	29,426 b	26,264 c	0,895 b	0,995 a

Medias de cada grupo de datos acompañadas de diferentes letras difieren significativamente a P≤0,05.

**CUADRO 3.** Efecto del escaldado a vapor y la adición de preservativos sobre el contenido de ácido ascórbico (mg 100 g<sup>-1</sup> pulpa) y carotenoides totales (mg 100 g<sup>-1</sup> pulpa) en pulpa de mango ‘Bocado’ almacenada a 0±0,5 °C.

Almacenamiento (Días)	Escaldado	Ácido Ascórbico		Carotenoides Totales	
		Preservativos		Preservativos	
		Si	No	Si	No
0	Escaldada	44,166 a	36,100 b	29,166 a	28,708 a
	S/escaldar	44,566 a	37,263 b	29,200 a	28,233 a
30	Escaldada	43,533 a	35,233 b	27,136 b	28,233 a
	S/escaldar	43,708 a	35,300 b	27,544 b	27,236 b
60	Escaldada	41,263 a	34,667 c	27,133 a	26,768 a
	S/escaldar	41,304 a	37,264 b	26,667 a	23,162 b
90	Escaldada	37,869 a	32,506 c	26,666 a	25,566 b
	S/escaldar	36,200 b	31,809 c	25,201 b	23,100 c
120	Escaldada	34,666 a	28,833 b	25,667 a	24,708 ab
	S/escaldar	29,433 b	26,300 c	23,203 b	18,566 c

Medias de cada grupo de datos acompañadas de diferentes letras difieren significativamente a P≤0,05.

**CUADRO 4.** Efecto del escaldado a vapor y la adición de preservativos sobre el contenido de azúcares totales y reductores (g 100 g<sup>-1</sup> pulpa) en pulpa de mango 'Bocado' almacenada a 0±0,5 °C.

Almacenamiento (Días)	Escaldado	Azúcares Totales		Azúcares Reductores	
		Preservativos		Preservativos	
		Si	No	Si	No
0	Escaldada	10,766 a	10,596 b	2,2 b	2,1 c
	S/escaldar	10,850 a	10,650 b	2,4 a	2,1 c
30	Escaldada	10,750 b	10,550 d	2,3 a	2,1 b
	S/escaldar	10,900 a	10,666 c	2,4 a	2,2 b
60	Escaldada	10,800 b	10,566 c	2,4 b	2,1 c
	S/escaldar	11,083 a	10,766 b	2,6 a	2,2 bc
90	Escaldada	10,900 b	10,743 c	2,4 b	2,2 c
	S/escaldar	11,166 a	10,900 b	2,8 a	2,5 b
120	Escaldada	11,066 b	10,733 c	2,4 b	2,2 c
	S/escaldar	11,616 a	11,116 b	2,8 a	2,8 a

Medias de cada grupo de datos acompañadas de diferentes letras difieren significativamente a P≤0,05.

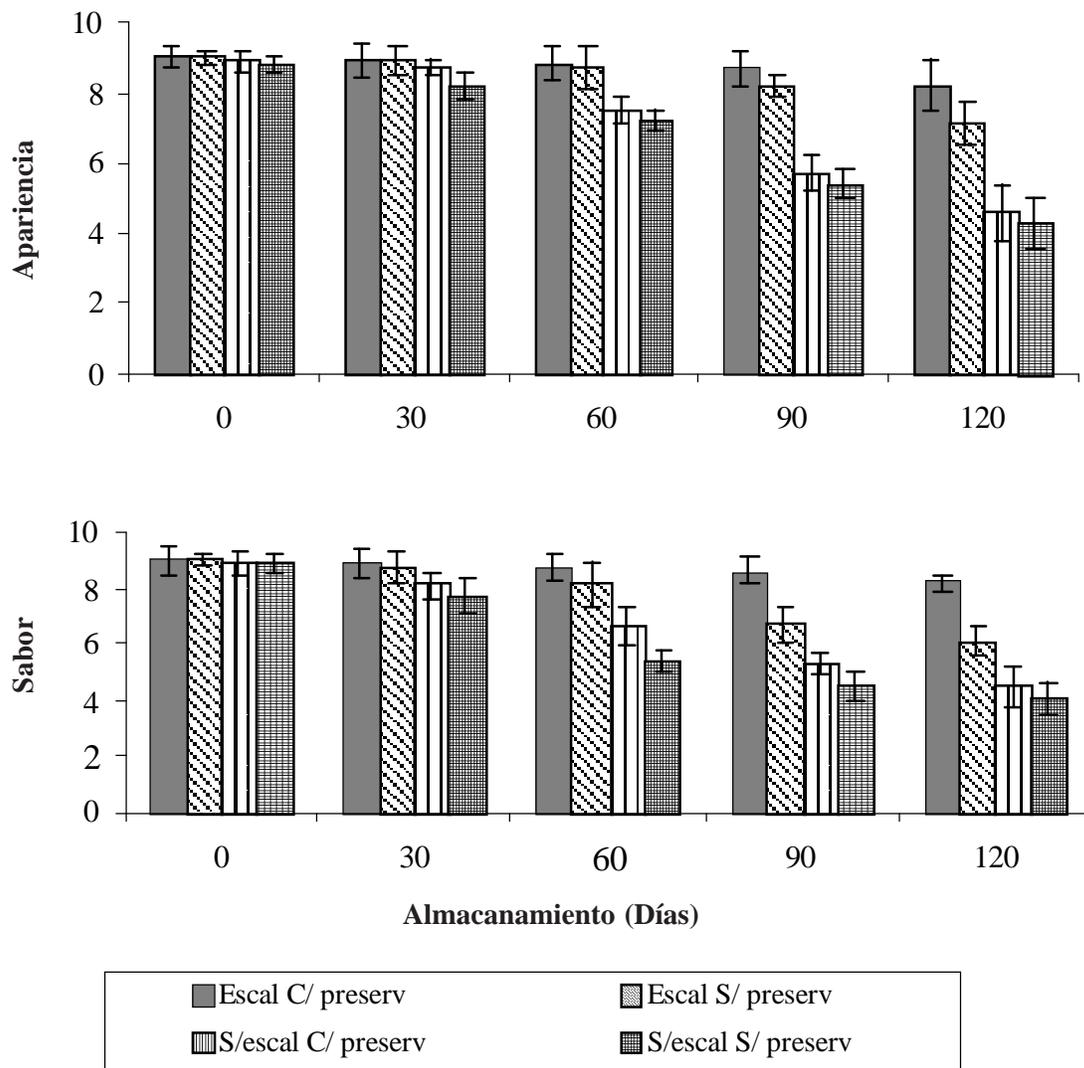
**CUADRO 5.** Efecto del escaldado a vapor y la adición de preservativos sobre el índice de flujo (n) y el índice de consistencia (K) de pulpa de mango 'Bocado' almacenada a 0±0,5 °C.

Almacenamiento (Días)	Escaldado	n		K	
		Preservativos		Preservativos	
		Si	No	Si	No
0	Escaldada	0,3483 a	0,3233 b	7 810 a	7 710 a
	S/escaldar	0,3343 a	0,2943 c	7 960 a	8 150 a
30	Escaldada	0,3436 b	0,3156 c	8 762 a	7 760 b
	S/escaldar	0,3943 a	0,2930 d	7 118 c	7 685 b
60	Escaldada	0,3323 b	0,2830 c	8 965 a	8 960 a
	S/escaldar	0,4836 a	0,3090 bc	6 470 b	6 890 b
90	Escaldada	0,3146 c	0,2616 d	9 760 a	9 160 b
	S/escaldar	0,5090 a	0,3503 b	6 250 c	6 350 c
120	Escaldada	0,2546 c	0,2436 c	9 870 b	10 625 a
	S/escaldar	0,5246 a	0,4150 b	6 010 c	9 530 d

Medias de cada grupo de datos acompañadas de diferentes letras difieren significativamente a P≤0,05.

Los cambios en estos parámetros reológicos pueden atribuirse a la degradación que ocurre en la pectina y otros componentes carbohidratos de la pulpa. Estudiando el efecto de la irradiación en pulpa de mango var. Zebda, Youssef *et al.* (2002), encontraron que el índice de flujo ( $n$ ) incrementó y la consistencia decreció proporcionalmente a las dosis de irradiación, atribuyendo estos cambios a la degradación de los carbohidratos en la pulpa. En otro estudio en pulpa de mango var. Totapuri, se encontró que la viscosidad disminuyó en la medida que el tiempo de almacenamiento se extendió (Ramana *et al.*, 1984).

Con relación a la apariencia y al sabor (ver Figura) se observó un comportamiento similar en la pulpa con adición de preservativo, los valores declinaron desde 9,0 a 8,2 y 7,5 en la pulpa escaldada. Es de hacer notar que el deterioro fue marcado en la pulpa sin escaldar, en donde se obtuvo una valoración de 4,6 y 4,5 en apariencia y sabor, respectivamente. La calificación obtenida en la pulpa sin adición de preservativos fue aún más baja. Los resultados indicaron que los tratamientos ejercieron influencia en la apariencia y el sabor de la pulpa de mango durante el almacenamiento refrigerado.



**FIGURA.** Efecto del escaldado a vapor y la adición de preservativos sobre la apariencia y el sabor de la pulpa de mango 'Bocado' almacenada a  $0\pm 0,5$  °C. (1=me disgusta extremadamente el producto, 9= me gusta extremadamente el producto). Barras de error indican la desviación estándar.

Es importante acotar la eficacia de los agentes preservantes tal como la combinación de ácido cítrico y benzoato de sodio en el almacenamiento de pulpas de mango durante varios meses. Ramana *et al.* (1984), como resultado de la evaluación sensorial, detectaron un mal sabor en el néctar preparado con pulpa congelada durante 6, 10 y 14 meses y sugirieron que el mismo pudiera eliminarse pasteurizando la pulpa antes de congelarse. Los resultados mostrados por Youssef *et al.* (2002) en pulpa de mango escaldada e irradiada, evidenciaron que el olor y el sabor de la pulpa escaldada no irradiada fue buena hasta 60 d de almacenamiento, mientras que el olor y sabor de la pulpa escaldada e irradiada fue buena hasta 270 d.

## CONCLUSIÓN

- En la presente investigación se pone de manifiesto que la pulpa de mango 'Bocado' escaldada durante 6 min y con adición de ácido cítrico al 0,3% y benzoato de sodio al 0,1% pudo tolerar almacenamiento durante 120 días a  $0 \pm 0,5$  °C con características químicas y calidad sensorial aceptable.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 14th ed.
- AOAC. 1990. Official Methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 15th ed.
- Amba Dan and P. G. Adsule. 1979. Bulk preservation of mango pulp in high density polyethylene containers Indian Fd Pckr 33:34 p.
- Baloch, A. K. 1987. Effect of sulphur dioxide and blanching on the stability of carotenoids of dehydrated carrot. J. Sci. Food Agric. 40:179-187.
- Chiply, J. R. 1983. Sodium benzoate and benzoic acid, **In:** A.C. Branen, and P.M. Davidson (Eds.) Antimicrobials in Foods, Marcel Dekker Inc., New York, USA, 16 p.
- COVENIN. 1983. Frutas y productos derivados. Determinación de sólidos solubles por refractometría. N 924-83. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela 21 p.
- Díaz de Tablante, R. V., M. S. Tapia, G. Montenegro e I. González. 1993. Desarrollo de productos de mango y papaya de alta humedad por métodos combinados CYTED-D "Preservación de frutas a granel por métodos combinados". Bol. Int. N° 1:5-21 p.
- Iagher, F., F. Reicher and J. L. Ganter. 2002. Structural and rheological properties of polysaccharides from mango (*Mangifera indica* L.) pulp. Int. J. Biol. Macromol. 31:9-17.
- Krishna, M., R. Gopalkrishna and H. Onkarayya. 1982. Storage of mango pulp in bulk and consumer packs Indian Fd Pckr 36:32.
- Lyon, D. H. 2000. Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control. Frederick (EUA): Aspen Publishers, Inc.
- Marin, M. A., P. Cano and C. Fuster. 1992. Freezing preservation of four Spanish mango cultivars (*Mangifera indica* L.): chemical and biochemical aspects. European Food Research and Technology 194(6):566-569.
- Millán Trujillo, F. R., S. López Plá, V. Roa Tavera, M. S. Tapia y R. Caca. 2001 Estudio de la estabilidad microbológica del melón (*Cucumis melo* L.) mínimamente procesado por impregnación al vacío. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 51(2):173-179.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31(31):426-428.
- Mitra, S. K. and E. A. Baldwin. 1997 Mango **In:** Posharvest Physiology and storage of tropical and subtropical fruits Sisir Mitra Ed CAB International London 85-122.
- Ramana, K. V. R., H. S. Ramaswamy, B. A. Prasad, M. V. Patwardhan and S. Ranganna. 1984 Freezing preservation of totapuri mango pulp. J. of Food Sci. and Technol, India, 21(5):282-285.
- Rivas, N. y M. Figueroa. 1979. Conservación de las pulpas de mangos Glenn, Keitt, Kent y Palmer, mediante congelación. Agronomía Trop. 29(4):327-339.
- Rodríguez-Amaya, D. B. 1999. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 49(1):38-47.

- Saravacos, G. D. 1970. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. *J. Food Sci.* 35:122-125.
- SAS®, 2001. SAS Institute Inc. Version 8e. Cary, NC: SAS Institute, Inc. Cary N.C.
- Sharon-Raber, O. and V. Kahn. 1983 Avocado mesocarp; browning potencial, carotenoid content, polyphenol oxidase, cabalase and peroxidase activities: Comparison between six avocado cultivars *J Food Sci.* 48:1874-1875.
- Sherman, P. 1970. *Industrial Rheology*. Academic Press. New York.
- Tapia M. S., S. M. Alzamora and J. W. Chanes. 1996. Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 36(6):629-659.
- Ting, S. 1956. Rapid colorimetric methods for simultaneous determination of total reducing sugar and fructose in citrus juices. *Agric. Food Chem.* 43:263-266.
- Whistler, R. L. and J. R. Daniel. 1985. *Carbohydrates*. In: O. R. Fennema, *Food Chemistry*. New York: Marcel Dekker Inc. p. 69-137.
- Youssef, B. M., A. A. Asier, S. K. El-Samahy and H. M. Swailam. 2002. Combined effect of steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature *Food Research International* 35:1-13.

**EFFECTO DE FRANJAS MARGINALES EN LA ATRACCIÓN DE COCCINELLIDAE Y SYRPHIDAE, DEPREDAADORES DE ÁFIDOS EN TRIGO, EN LA ZONA CENTRAL DE LA PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA**

**EFFECTS OF FIELD MARGINS STRIPS FOR THE ATTRACTION OF PREDACEOUS WHEAT APHIDS, COCCINELLIDAE Y SYRPHIDAE, IN CENTRAL SANTA FE PROVINCE, ARGENTINA**

Isabel Bertolaccini\*, Patricia Andrada\* y Oscar Quaino\*

\* Profesores. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Kreder 2805, (3080) Esperanza (Santa Fe), Argentina.  
E-mail: isabelb@fca.unl.edu.ar

**RESUMEN**

Con el propósito de determinar la influencia de franjas marginales en la atracción de adultos de Coccinellidae y Syrphidae, se sembró *Brassica campestris* L., en un campo de trigo, *Triticum aestivum* L. Una franja de iguales características se dejó con las adventicias naturales y otra, que desmalezada químicamente se estableció como testigo. Por cada una de las franjas se colocaron 3 trampas contenedoras de agua jabonosa y otras 6 en el cultivo: 3 a los 5 m y 3 a los 10 m. Semanalmente se contó la cantidad de adultos de coccinélidos y de sírfidos atrapados en las trampas y los áfidos en 15 plantas de trigo tomadas al azar, en correspondencia a las franjas. En consecuencia se concluye que franjas con *B. campestris* en el estado de floración atrajo una mayor cantidad de sírfidos, mientras que la franja sin desmalezar, donde hubo predominio de flores de *Fumaria officinalis* L., una mayor cantidad de coccinélidos. La cantidad de áfidos en el cultivo tuvo diferencias entre los tratamientos.

**Palabras Clave:** Biodiversidad; plantas adventicias; Brassicaceae; Coccinellidae; Syrphidae; Aphididae; *Triticum aestivum* L.

**SUMMARY**

With the purpose of determining the influence of marginal strips in the attraction of Coccinellidae y Syrphidae adults, *Brassica campestris* L. was seeded in a wheat field. A strip of equal characteristics left with natural adventicious plants and other and a test without weeds chemically. Were placed three water traps in each strip and six in the crop: three at five m and other three at 10 m. Weekly was counted the amount adult syrphids and coccinellids fallen in the traps and the aphids at 15 random plants wheat, in correspondence to the strips. We concluded that the strips with flowering *B. campestris* attracted a greater amount of syrphids, whereas the strip natural weeds attracted a greater amount of coccinellids, because the predominance *Fumaria officinalis* L. flowers.

**Key Word:** Biodiversity; adventicious plants; Brassicaceae, Coccinellidae, Syrphidae, Aphididae; *Triticum aestivum* L.

## INTRODUCCIÓN

La producción de trigo, *Triticum aestivum* L., en Argentina en la campaña 2004/05 ascendió a 16 millones de toneladas (MEP, 2007). Este cultivo está expuesto al ataque de diferentes plagas, siendo los áfidos uno de los principales problemas, por los daños directos e indirectos que ocasionan. Para su control es frecuente el uso de plaguicidas, aunque la acción de parasitoides y depredadores puede contribuir a la disminución poblacional (White *et al.*, 1995). Dentro de estos últimos los más importantes corresponden a las familias Coccinellidae y Syrphidae.

Las prácticas de manejo de los cultivos producen cambios que se reflejan en la presencia o ausencia de poblaciones de malezas y de insectos (De la Fuente *et al.*, 2003). La diversidad vegetal se puede reestablecer por medio de la variación de las especies, por el arreglo espacial de las mismas (inter-siembras, cultivos de cobertura, cultivos enmalezados, protección viva), por la disposición temporal de las plantas (rotaciones) y mediante la manipulación del tamaño y la composición de los elementos vegetales que la integran (Grez y Prado, 2000; Elliott *et al.*, 2002). El conocimiento de la heterogeneidad del hábitat es fundamental para el desarrollo de estrategias a campo que optimicen las medidas de protección de los cultivos (Winder *et al.*, 2001), debido a que las características de las plantas pueden influenciar en la disponibilidad y habilidad de los enemigos naturales para suprimir poblaciones de insectos plagas en los sistemas agrícolas (De la Fuente *et al.*, 2003).

Los parasitoides se sirven de las flores como fuente de alimento (Johanowicz y Mitchell, 2000). El consumo de polen y néctar es indispensable para la maduración sexual de los adultos de sírfidos (Irvin *et al.*, 1999) y de los coccinélidos (Hodek y Honěk, 1996; Spellman *et al.*, 2006) y cuya provisión, en los sistemas agrícolas, depende de la vegetación natural (Bowie *et al.*, 1995). Los sectores con abundantes flores tienen una mayor cantidad de sírfidos (Sutherland *et al.*, 2001) y la presencia de franjas marginales permiten el desarrollo temprano de la primera generación que luego se trasladará a los cultivos (Salveter, 1998). Para ello es fundamental lograr una adecuada manipulación de la distribución de los recursos vegetales en el agroecosistema (Cowgill, 1991; Rebek *et al.*, 2005). Para Zhang *et al.* (2000) el manejo de la diversidad vegetal constituye un sistema de mutualismo y aparece como un concepto nuevo para la protección de los cultivos, diferente de

control biológico de las plagas, ya que tiene un énfasis indirecto del uso de los enemigos naturales.

Las plantas adventicias contribuyen a aumentar la diversidad de los sistemas agrícolas (Andow, 1991), cuya presencia en los cultivos o en áreas vecinas no trabajadas, puede influir sobre el balance numérico y la dinámica poblacional de los insectos benéficos (Salto *et al.*, 1992; Salto *et al.*, 1993), permitiendo su permanencia en el medio (Zhang *et al.*, 2000; Lin *et al.*, 2003), al brindarles alimentos alternativos y refugios en las épocas adversas (Bugg y Wilson, 1989; Altieri, 1992; Rebek *et al.*, 2005). Familias como Umbelliferae, Fabaceae y Asteraceae cumplen un rol ecológicamente importante en la eliminación de las poblaciones de plagas (Altieri, 1994; 1995; Altieri y Letourneau, 1982, 1984).

Brassica es una de las más estudiadas y, dentro de ella, *Brassica campestris* L., se caracteriza por la riqueza de la entomofauna que presenta, afectando el movimiento y la colonización de algunas plagas (Root y Kareiva, 1984; Lamb, 1989) y de los enemigos naturales, como los sírfidos afidófagos (Bowie *et al.*, 1999).

Los adultos de coccinélidos comúnmente se alimentan de polen (Hodek y Honěk, 1996) y si bien las larvas de sírfidos son los adultos que se alimentan de néctar y polen (Hickman *et al.*, 1995), esenciales para la maduración de su sistema reproductivo (Chambers, 1988), la presencia de flores dentro de los sistemas agrícolas resultan, por lo tanto esenciales para mantener a las poblaciones de estos enemigos naturales cerca de los campos cultivados.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la incidencia de franjas marginales de *B. campestris* en la atracción de Coccinellidae y Syrphidae y en la población de áfidos del trigo. Se verifica la hipótesis de que incorporando diversidad vegetal en los sistemas agrícolas de trigo se puede aumentar la abundancia de enemigos naturales y disminuir la población de áfidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un lote de 2,5 ha de trigo, cultivar Klein Capricornio, sembrado el 12-06-2003. Al ser un lote de producción comercial, el mismo fue sometido a los tratamientos convencionales: previo a la siembra se realizó un tratamiento de malezas (2 l de glifosato + 0,5 l de 2-4 D / ha) y se fertilizó con 80 kg ha<sup>-1</sup> de urea, mientras que en post-emergencia del cultivo se realizó un tratamiento con 7 g de mesulfón.

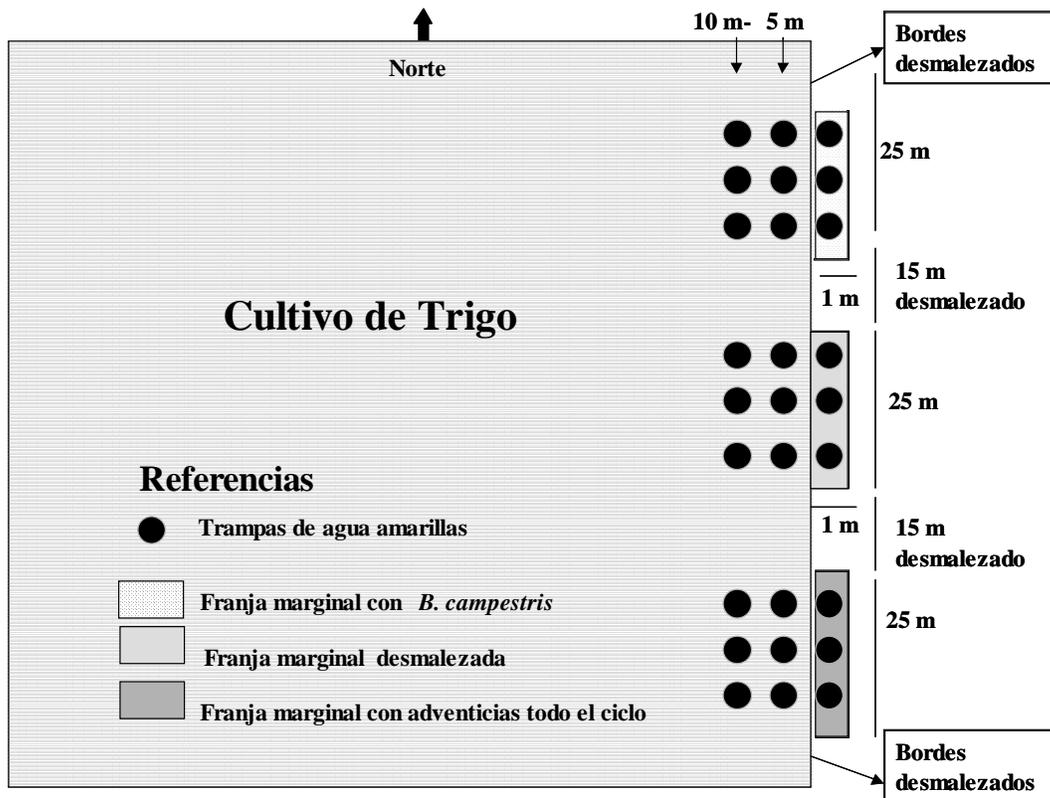
En igual fecha que el trigo se sembró una franja marginal con *B. campestris*, de 25 m x 1 m, igual superficie se dejó con las plantas adventicias y otra se mantuvo libre de ellas, mediante tratamiento con glifosato, separadas entre sí por 15 m, para evitar que influyeran unas sobre otras. Las franjas que fueron denominadas como: Brassica, enmalezado y desmalezado (Figura 1). En cada una se colocaron 3 trampas contenedoras de agua, construidas con recipientes cilíndricos de chapa galvanizada de 30 cm de diámetro, 6 cm de profundidad y a una altura de 1,2 m, mediante un soporte de caño. Las trampas fueron pintadas en su interior con esmalte amarillo (Albamix 4525000, Ral 1016, de Alba), con pico de reflexión entre 480 y 580 nm, las cuales se llenaron con una solución de agua, más unas gotas de detergente, que actuó como tensioactivo.

Otras 6 trampas se colocaron en el interior del cultivo, en correspondencia con cada una de las franjas mencionadas, 3 a 5 m y otras 3 a los 10 m, del borde de cada tratamiento. En estos casos los tratamientos fueron deno-

minados como: Brassica- trigo, desmalezado-trigo y enmalezado-trigo. El contenido fue recolectado con frecuencia semanal.

Los sírfidos y los coccinélidos fueron preservados en alcohol al 70% en frascos plásticos y transportados al laboratorio donde se realizaron las identificaciones de las especies con lupa binocular de 40x. Para la identificación de Syrphidae se utilizó el trabajo de Saini y Greco (1992), mientras que el sexado de los adultos se realizó según Stubbs y Falk (1983). Para los coccinélidos se utilizó Saini (1985) y Saini y De Coll (1996).

Con igual frecuencia se realizaron los recuentos de áfidos en el cultivo, que consistió en tomar 15 plantas al azar, a los 5 m y a los 10 m con respecto al borde de las franjas marginales y en un ancho de 1 m en cada una. Se llevó registro de la densidad poblacional y para su identificación se los conservó en alcohol 70%. También se registraron la altura y el estado fenológico de las plantas adventicias y del cultivo.



**FIGURA 1.** Esquema de la distribución de las trampas de agua amarillas en las franjas marginales y en el lote de trigo (no en escala).

Los resultados fueron analizados estadísticamente con el programa estadístico Infostat (2004). Las variables utilizadas para los análisis fueron las raíces cuadradas del número promedio de los recuentos más una constante  $(0,386)\sqrt{(x+0,386)}$  a través de todas las fechas de muestreo. El modelo estadístico sólo contempló el efecto de las franjas sobre las capturas de adultos de Coccinellidae y Syrphidae. Las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Duncan ( $P < 5\%$ ) y retransformadas para su presentación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Especies vegetales

En la franja que permaneció enmalezada en forma natural durante el ciclo del cultivo, se identificaron las siguientes especies de adventicias: *Nicotiana longiflora* Cav.; *Bromus unioloides* Humb. et Kunth; *Solanum sisymbriifolium* Lamb.; *Taraxacum officinale* Weber; *Trifolium* sp.; *Cynodon dactylon* L.; *Paspalum* sp.; *Stellaria media* L.; *Sonchus oleraceus* L.; *Ammi majus* L.; *Foeniculum vulgare* Miller; *Fumaria officinalis* L.; *Rumex crispus* L.; *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.; *Verbena* sp.

Las especies más abundantes fueron: *N. longiflora*; *Trifolium* sp., *C. dactylon*, *F. officinalis*, *C. bursa-pastoris* y *S. oleraceus*. Los porcentajes de cobertura

resultaron para el mes de agosto hasta mediados de septiembre de: 15, 30, 10, 20, 10, 10, respectivamente, las restantes especies constituyeron el 5%. *F. officinalis* comenzó a ser dominante, a partir de la 2<sup>da</sup> quincena del mes de septiembre, alcanzando el 75% de la cobertura total y el estado de inicio de floración. A mediados de octubre comenzó la fructificación.

El estado de floración de *B. campestris* se inició a mediados de septiembre y todas las plantas comenzaron a dispersar las semillas a finales de noviembre. La Figura 2 muestra que el estado de floración se inició a finales de octubre.

### Condiciones climáticas

En cuanto a las condiciones climáticas los meses de agosto y septiembre fueron lluviosos, con fuertes vientos, y la temperatura media fue de 18 °C, mientras que durante octubre y noviembre los vientos fueron moderados a leves, las lluvias escasas y la temperatura alcanzó a los 30 °C.

### Familia Syrphidae

Las especies más abundantes capturadas fueron *Allograpta exotica* Wied y *Mesograpta* spp., y una especie sin identificar, con sólo 2 representantes capturados en las trampas.

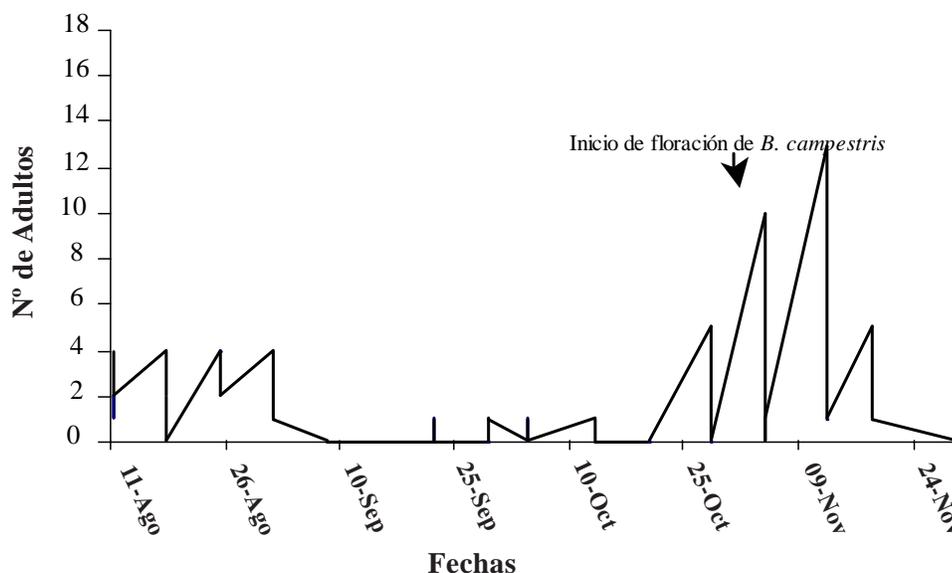


FIGURA 2. Número total de adultos de Syrphidae, en franja marginal con *B. Campestris*.

Se encontraron diferencias significativas en los valores medios de los adultos capturados en las trampas colocadas en la franja marginal de *B. campestris* (0,53; Cuadro 1), con respecto a las franjas enmalezadas y desmalezadas, en que los valores fueron 0,15 y 0,12, ( $R^2= 82,34\%$  y coef. de variac.=7,75%), respectivamente. La mayor captura de adultos coincidió con el estado de floración de la adventicia (Figura 2). No hubo diferencias en las capturas de las trampas colocadas en el cultivo, en correspondencia con *B. campestris* que tuvo un valor mayor (0,39).

En el Cuadro 1, en relación a la influencia de las franjas en la atracción de los sexos en sírfidos, se encontraron diferencias significativas en la captura entre hembras y machos, en las trampas colocadas en las franjas sembradas con *B. campestris*, con un valor medio de 1,94 y 0,63 respectivamente, frente a los restantes tratamientos (Cuadro 2). En el tratamiento desmalezado, la cantidad de machos y hembras fue igual estadísticamente (0,31).

**CUADRO 1.** Medias de adultos ( $\pm$  DS) de sírfidos y de coccinélidos capturados en trampas de agua, en las franjas marginales y en el trigo.

Trampas	N	Adultos de sírfidos*	Adultos de coccinélidos*
Brassica	3	0,53 $\pm$ 0,38 a	1,71 $\pm$ 0,35 ab
Brassica-trigo	3	0,39 $\pm$ 0,38 b	1,47 $\pm$ 0,36 ab
Enmalezado	3	0,15 $\pm$ 0,38 b	2,42 $\pm$ 0,36 a
Desmalezado	3	0,12 $\pm$ 0,38 b	0,99 $\pm$ 0,25 b
Desmalezado-trigo	3	0,08 $\pm$ 0,38 b	1,29 $\pm$ 0,28 ab
Enmalezado trigo	3	0,01 $\pm$ 0,38 b	2,37 $\pm$ 0,37 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento, prueba de Duncan ( $P<0,05$ ).

**CUADRO 2.** Medias de adultos de Syrphidae ( $\pm$  DS) en trampas de agua, por sexos.

Franja	Machos*	Hembras*
<i>B. campestris</i>	0,63 $\pm$ 1,63 a	1,94 $\pm$ 2,57 a
Enmalezado	0,19 $\pm$ 0,54 b	0,63 $\pm$ 1,02 b
Desmalezado	0,31 $\pm$ 0,70 b	0,31 $\pm$ 0,70 bc

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento, prueba de Duncan ( $P<0,05$ ).

### Familia Coccinellidae

Las especies capturadas fueron: *Eriopis connexa* Germar; *Coccinellina ancoralis* Germar, *Coleomegilla maculata* De Geer, *Coccinellina limbicollis* Fairmaire y *Olla abdominalis* Say.

En el análisis de los datos de los Cuadros 1 y 2 se observaron diferencias significativas en las capturas de las trampas ubicadas en la franja desmalezada, con una media de coccinélidos adultos menor que las restantes (0,99;  $R^2= 46,43\%$ ; coef. variac.= 16,81%; Cuadro 1).

En las restantes trampas, tanto las ubicadas en las franjas marginales como en el cultivo no hubo diferencias significativas entre ellas, si bien se registró el valor más alto en la franja enmalezada, con una media de 2,42 adultos, coincidiendo con el estado de floración de *F. officinalis* L., que fue la especie adventicia más abundante a partir de mediados de septiembre (Figura 3).

### Familia Aphididae

Se realizaron 255 observaciones de plantas de trigo, para cada distancia establecida, identificándose las siguientes especies: *Schizaphis graminum* Rond; *Rhopalosiphum padi* L. y *Rhopalosiphum* sp.

Si bien los recuentos fueron bajos, se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P<0,05$ ). Los recuentos en el trigo que estuvieron en correspondencia con la franja enmalezada presentó la menor cantidad de áfidos, con una media de 0,04, le siguen en importancia los restantes sectores: Brassica-trigo y desmalezado-trigo (0,16 y 0,30, respectivamente). No hubo diferencias en cuanto a las distancias en que se realizaron las observaciones. Aún así puede verse que en el tratamiento desmalezado-trigo, la cantidad media de áfidos aumentó con la distancia, 0,38 y 0,22, a los 10 m y 5 m, respectivamente.

Lo contrario se observa en los restantes tratamientos en que la cantidad de áfidos aumenta con la distancia, aunque en bajas cantidades (Cuadro 3).

Se determinó que la cantidad de adultos de Syrphidae capturados y que la cantidad de hembras fue mayor en las trampas contenedoras de agua de la franja donde se sembró *B. campestris*. Este resultado se debió a que esta adventicia constituye una provisión de nutrientes extras, necesarios para incrementar la producción de huevos (Irvin *et al.*, 1999).

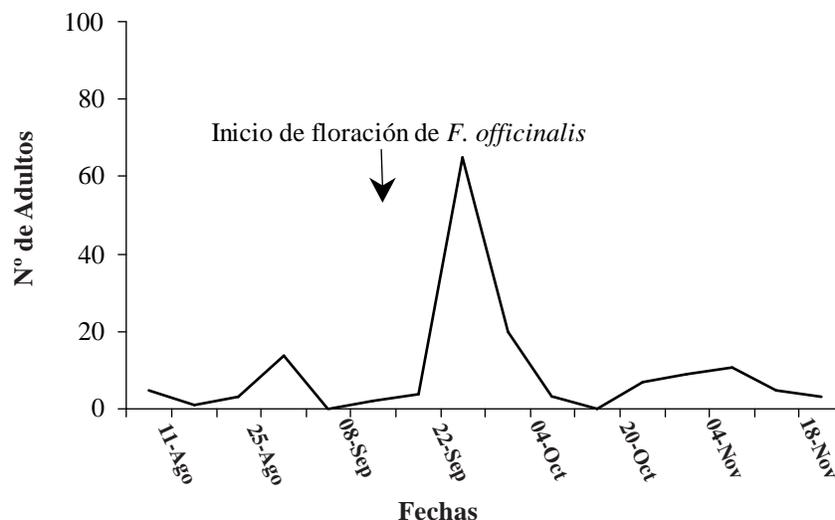


FIGURA 3. Total de adultos de Coccinellidae, en franja con enmalezado natural.

De este modo la próxima generación de larvas estarían disponibles en el sistema (Salveter, 1998; Bowie *et al.*, 1999), incrementando el control natural de áfidos (Frank, 1999; Sutherland *et al.*, 2001). Esta especie adyacente a los cultivos de trigo, podría aumentar la colonización de estos depredadores y constituiría un recurso fundamental para el desarrollo de las generaciones sucesivas, de modo tal que los adultos, especialmente las hembras, se hallen disponibles en el medio y se trasladen rápidamente a los campos de trigo, en caso de ataques de áfidos (Root y Kareiva, 1984; Lamb, 1989).

*Brassica campestris*, en forma espontánea o cultivada en franjas marginales, contribuye a la diversidad natural de los agrosistemas y a la conservación de estos enemigos

naturales (Andow, 1991), como proveedora de suplementos alternativos alimenticios en ausencia de presas y de refugio (Bugg y Wilson, 1989; Altieri, 1992; Braman *et al.*, 2002).

Los coccinélidos comúnmente se alimentan de recursos florales (Hodek y Honěk, 1996). Lundgren y Wiedemann (2002) y Lundgren *et al.* (2004) encontraron polen en los tractos digestivos de larvas y de adultos de especies generalistas. Los hábitat con diversidad florística disminuyen la mortalidad e incrementan la reproducción de estos enemigos naturales, y el potencial control de los herbívoros, a través de las múltiples generaciones que se suceden en los márgenes (Harmon *et al.*, 2000) y brinda disponibilidad de presas alternativas, así como de otros recursos alimenticios.

CUADRO 3. Número medio de áfidos en trigo ( $\pm$  DS), a los 5 y 10 metros de los bordes y totales.

Tratamientos	N° de pulgones			Total*
	Distancias			
	N	5 m*	10 m*	
Brassica-trigo	255	0,18 $\pm$ 1,14 a	0,14 $\pm$ 0,75 a	0,16 $\pm$ 0,96 a
Desmalezado	255	0,22 $\pm$ 1,08 a	0,38 $\pm$ 1,52 a	0,30 $\pm$ 1,32 b
Enmalezado	255	0,04 $\pm$ 0,22 a	0,03 $\pm$ 0,19 a	0,04 $\pm$ 0,20 c

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamiento, prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Por su parte, Grez y Prado (2000) encontraron que la población de los coccinélidos aumentó con la presencia de *B. campestris*, sugiriendo que esta especie en los bordes de los cultivos puede afectar la densidad poblacional. Sin embargo, los resultados de este estudio no coinciden con los hallados por estos autores porque la mayor atracción de los coccinélidos se registró en la franja donde se conservaron las adventicias naturales, y donde al final del ciclo del cultivo hubo predominio de *F. officinalis*.

Esta diferencia en la preferencia por las flores de las familias de depredadores estudiados, sugiere que debe considerarse la elección de la adventicia, cuando se piensa en el efecto atractivo para los enemigos naturales en el campo, aunque deben incluirse además, la evaluación de factores económicos, agronómicos y fenológicos (Ambrosino *et al.*, 2006).

Los tratamientos afectaron significativamente a la población de áfidos, siendo menor en la franja con las adventicias naturales. En consecuencia este estudio demostró que, los recursos vegetales pueden ser usados para incrementar la abundancia de los enemigos naturales en los sistemas cultivados, aumentando el éxito potencial del control natural en los hábitats manejados (White *et al.*, 1995; Rebek *et al.*, 2005), mediante una provisión selectiva de los recursos florales (Lavandero *et al.*, 2006) y, de este modo, promover el control de plagas claves (Bowie *et al.*, 1995; Braman *et al.*, 2002).

Los cultivos anuales sufren el efecto de la intensificación de la agricultura, al disminuir la diversidad vegetal (Altieri, 1992) y uno de los posibles mecanismos para incrementar el control de las plagas en los hábitats cultivados es el aumento de la biodiversidad (Root 1973; Shaw, 2006). Deberían profundizarse los estudios sobre el efecto de la composición vegetal, la preferencia por las plantas adventicias y los aspectos del hábitat que contribuyen, en el corto, mediano y largo plazo, en la viabilidad de una particular población de enemigos naturales (Shaw, 2006), especialmente de aquellos que son claves en el control de una determinada plaga, considerando cada agroecosistema en particular (Sutherland *et al.*, 2001; Wratten *et al.*, 2003; Landis *et al.*, 2005).

En muchas áreas cultivadas los márgenes de los campos son, a menudo, el único sitio con vegetación permanente y una razonable diversidad de plantas (Bokenstrand *et al.*, 2004). La diversidad vegetal de los márgenes apoya la hipótesis de que las áreas aisladas biogeográficamente en grandes superficies agrícolas, aumenta la importancia relativa de los enemigos naturales (Denys y Tscharrntke,

2002). Por lo tanto el impacto de un predador sobre la presa puede depender de la diversidad de los productores primarios en el agrosistema (Lundgren y Wiedenmann, 2002; Lundgren *et al.*, 2004).

Es necesario, además, evaluar el costo que representa el establecimiento y mantenimiento de las franjas enmalezadas, aunque su uso, junto con otras tácticas de manejo integrado, puede ser un factor fundamental en el aumento del control natural de plagas (Colley y Luna, 2000).

Estos resultados soportan la hipótesis enunciada acerca de que la vegetación circundante afecta la densidad y diversidad de los insectos depredadores y que el uso de ciertas plantas pueden ser un método válido en el control de las plagas, con buenas perspectivas en la agricultura sustentable (Zhang *et al.*, 2000), de modo que los agrosistemas se conviertan en los propios responsables de su funcionalidad (Altieri, 1999).

## CONCLUSIONES

- La franja marginal con *B. campestris* ejerció una clara influencia en la cantidad de adultos de Syrphidae, capturados en las trampas contenedoras de agua; mientras que la franja marginal con vegetación adventicia natural, donde hubo predominio de *F. officinalis*, lo fue para adultos de Coccinellidae.
- La población de áfidos en trigo fue menor en la parcela en correspondencia con las adventicias naturales.
- Las franjas marginales de adventicias deben ser seleccionadas de acuerdo a los enemigos naturales que se pretenda incrementar en los agroecosistemas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. Cetal Ediciones. Valparaíso, Chile. 162 p.
- Altieri, M. A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press, New York, 185 p.
- Altieri, M. A. 1995. Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture. West view Press, Boulder, CO, 433 p.

- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74:19-31p.
- Altieri, M. A. and D. K. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1:405-430.
- Altieri, M. A. and D. K. Letourneau. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, 2:131-169.
- Ambrosino, M. D., J. M. Luna, P. C. Jepson and S. D. Wratten. 2006. Relative frequencies of visits to selected insectary plants by predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae), other beneficial insects, and herbivores. *Environ. Entomol.*, 35(2):394-400.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol.* 36:561-586.
- Bokenstrand, A., J. Lagerlöf and P. R. Torstensson. 2004. Establishment of vegetation in broadened field boundaries in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101:21-29.
- Bowie, M. H., G. M. Gurr, Z. Hossain, L. R. Baggen and C. M. Frampton. 1999. Effects of distance from field edge on aphidophagous insects in a wheat crop and observations on trap design and placement. *International Journal of Pest Management*, 45(1):69-73.
- Bowie, M. H., S. D. Wratten and A. J. White. 1995. Agronomy and phenology of "companion plants" of potential for enhancement of insect biological control. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23:423-427.
- Braman, S. K., A. F. Pendley and W. Corley. 2002. Influence of commercially available wildflower mixes on beneficial arthropod abundance and predation in turfgrass. *Environ. Entomol.* 31(3):564-572.
- Bugg, R. L. and L. T. Wilson. 1989. *Ammi visnaga* (L.) Lamarck (Apiaceae): Associated beneficial insects and implications for biological control, with emphasis on the bell-pepper. *Agroecosystem. Biological Agriculture and Horticulture*, 6:241-268.
- Chambers, R. J. 1988. Syrphidae. **In:** Irvin, N. A., S. D. Wratten, C. M. Frampton, M. H. Bowie; A. M. Evans and N. T. Moar. 1999. The phenology and pollen feeding of three hover fly (Diptera: Syrphidae) species in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 26:105-115.
- Colley, M. R. and J. M. Luna. 2000. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environ. Entomol.*, 29(5):1.054-1.059.
- Cowgill, S. E. 1991. The foraging ecology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) and the potential for manipulating their distribution on farmland. Ph.D. Thesis, University of Southampton. In: MacLeod, A. 1992. Alternative crops as floral resources for beneficial hoverflies (Diptera: Syrphidae). Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases, 8C-2:997-1 002.
- De La Fuente, E. B., S. A. Suárez and C. M. Ghersa. 2003. Wheat. Weed and insect communities in wheat crops with different management practices. *Agron. J.*, 95:1 542-1 549.
- Denys, C. and T. Tschardtke. 2002. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia*, 130:315-324.
- Elliott, N. C., R. W. Kieckhefer and D. A. Beck. 2002. Effect of aphids and the surrounding landscape on the abundance of Coccinellidae in cornfields. *Biological Control*, 24:214-220.
- Frank, T. 1999. Density of adult hoverflies (Diptera : Syrphidae) in sown weed strips and adjacent fields. *J. Appl. Ent.* 123:351-355.
- Greze, A. A. and E. Prado. 2000. Effect of plant patch shape and surrounding vegetation on the dynamics of predatory coccinellids and their prey *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 29(6):1 244-1 250.
- Harmon, J. P., A. R. Ives, J. E. Losey, A. C. Olson and K. S. Rauwald. 2000. *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) predation on pea aphids promoted by proximity to dandelions. *Oecologia*, 125:543-548.

- Hickman, J. M., G. L. Lovei and S. D. Wratten. 1995. Pollen feeding by adults of the hoverfly *Melanostoma fasciatum* (Diptera: Syrphidae). *New Zealand Journal of Zoology*, 22:387-392.
- Hodek, I. and A. Honêk. 1996. *Ecology of Coccinellidae*. Dordrecht Kluwer Academic. The Netherlands. 464 p.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, Editorial Brujas, Argentina.
- Irvin, N. A., S. D. Wratten, C. M. Fampton, M. H. Bowie, A. M. Evans and N. T. Moar. 1999. The phenology and pollen feeding of three hover fly (Diptera: Syrphidae) species in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*. 26:105-115.
- Johanowicz, D. L. and E. V. Mitchell. 2000. Effects of sweet alyssum flowers on the longevity of the parasitoid wasps *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Florida Entomologist*, 83(1):41-47.
- Lamb, R. J. 1989. Entomology of oilseed Brassica crops. *Ann. Rev. Entomol.*, 34:211-229.
- Landis, D. A., F. D. Menalled, A. C. Costamagna and T. K. Wilkinson. 2005. Symposium. Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science*, 53:902-908.
- Lavandero, I. B., S. D. Wrattena, R. K. Didhamb and G. Gurr. 2006. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: A double-edged sword? *Basic and Applied Ecology*. 7:236-243.
- Lin, R., H. Liang, R. Zhang, C. Tian and Y. Ma. 2003. Impact of alfalfa /cotton intercropping and management on some aphid predators in China. *J. Appl. Ent.*, 127:33-36p.
- Lundgren, J. G. and R. N. Wiedenmann. 2002. Coleopteran-specific Cry3Bb toxin from transgenic corn pollen does not affect the fitness of a nontarget species, *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.*, 31(6):1 213-1 218.
- Lundgren, J. G., A. A. Razzak and R. N. Wiedenmann. 2004. Population responses and food consumption by predators *Coleomegilla maculata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) during anthesis in an Illinois cornfield. *Environ. Entomol.*, 33(4):958-963.
- Rebek, E. J., C. S. Sadof and L. M. Hanks. 2005. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. *Biological Control*. 33:203-216.
- Root, R. B. and P. M. Kareiva. 1984. The search for resources by cabbage butterflies (*Pieris rapae*), ecological consequences and adaptive significance of markovian movements in a patchy environment. *Ecology*, 65:147-165.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol Monogr*. 43:94-125.
- Saini, E. 1985. Identificación práctica de "vaquitas benéficas". II. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 22 p.
- Saini E. y C. Grecco. 1992. Identificación práctica de los insectos entomófagos relacionados con los pulgones. II- Predadores sírfidos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 11 p.
- Saini, E. D. y O. R. De Coll. 1996. Claves para la identificación de los coccinélidos (Coleoptera) encontrados en cultivos de la yerba mate. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 27(2):231-241.
- Salto, C., J. López, I. Bertolaccini, O. Quaino y J. Imwinkelried. 1992. Preferencia de adultos de *Allograpta exotica* (Diptera: Syrphidae) por flores de malezas. In: XII Reunión Argentina sobre maleza y su control. ASAM. Tomo I, 113-118. Mar del Plata, Argentina.
- Salto, C., J. López, I. Bertolaccini y J. Imwinkelried. 1993. Observaciones preliminares de las interacciones malezas - fitófagos - enemigos naturales en el área central de la provincia de Santa Fé. *Gaceta Agronómica*, XII (71):21-30.

Salveter, R. 1998. The influence of sown herb strips and spontaneous weeds on the larval stages of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *J. Appl. Ent.*, 122:103- 114.

Ministerio de Economía y Producción (MEP). Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos. 2007. República Argentina. En línea. Consultado el 2 de julio de 2007. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>

Shaw, M. R.. 2006. Habitat considerations for parasitic wasps (Hymenoptera). *Journal of Insect Conservation*, 10:117-127.

Spellman, B., M. Brown and C. Mathews. 2006. Effect of floral and extrafloral resources on predation of *Aphis spiraeola* by *Harmonia axyridis* on apple. *BioControl*, 51:715-724.

Stubbs, A. and S. Falks. 1983. British hoverflies an illustrated identification guide. British Entomological and Natural History Society, 253 p.

Sutherland, J. P., M. S. Sullivan and G. M. Poppy. 2001. Distribution and abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) in wild flower patches and field margin habitats. *Agricultural and Forest Entomology*. 3:57-64.

White, A., S. Wratten, N. Berry and U. Weigmann. 1995. Habitat Manipulation to Enhance Biological Control of Brassica Pests by Hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Journal of Economic Entomology*. 88:1.171-1.176.

Winder, L., J. C. Alexander, J. M. Holland, C. Woolley and J. N. Perry. 2001. Modelling the dynamic spatio-temporal response of predators to transient prey patches in the field. *Ecology Letters*. 4:568-576.

Wratten, S. D., M. H. Bowie, J. M. Hickman, A. M. Evans, J. R. Sedcole and J. M. Tylianakis. 2003. Field boundaries as barriers to movement of hover flies (Diptera : Syrphidae) in cultivated land. *Oecologia*. 134:605-611.

Zhang, R., H. Lian, C. Tian. and G. Zhang. 2000. Biological mechanism of controlling cotton aphid (Homoptera: Aphididae) by the marginal alfalfa zone surrounding cotton field. *Chinese Science Bulletin*, 45(4):355-358.

## EFFECTOS DE UN ACONDICIONADOR SINTÉTICO (TERRACOTTEM®) Y UN ACONDICIONADOR ORGÁNICO (BOCASCHI) SOBRE LA EFICIENCIA DEL USO DE AGUA EN EL CULTIVO DEL PIMENTÓN

### EFFECT OF SYNTHETIC CONDITIONER (TERRACOTTEM®) AND AN ORGANIC CONDITIONER (BOCASCHI) ON THE WATER USE EFFICIENCY IN A GREEN PEPPER CROP

Duilio Torres\*, Dangela Rivero\*\*, Nectali Rodríguez\*\*, Héctor Yendis\*\*,  
Deyanira Lobo\*\*\*, Donald Gabriels\*\*\*\* y Frank Zamora\*\*\*\*\*

\*Profesor. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" Decanato de Agronomía. Núcleo Tarabana. E-mail: duiliotr@yahoo.com.

\*\*Profesores. Universidad Francisco de Miranda. Facultad de Agronomía. Coro, estado Falcón. E-mail: hyendis@hotmail.com.

\*\*\*Profesora. UCV. Facultad de Agronomía. E-mail: lobodeya@yahoo.com. \*\*\*\*Profesor. Universidad de Gantes Bélgica.

\*\*\*\*\*Investigador. INIA. CIAE-Falcón. E-mail: fzamora@inia.gob.ve

#### RESUMEN

Un experimento en invernadero fue conducido para estudiar el efecto del acondicionador orgánico Bocashi (BK), y dos dosis (TC1 y TC2) del acondicionador sintético Terracottem® (una mezcla de polímeros hidrofílicos, fertilizante, estimuladores de desarrollo radical y cenizas volcánicas), sobre el desarrollo vegetativo y radical de pimentón, *Capsicum nahum* L., cultivado en un suelo arenoso, donde se aplicaron dos dosis de riego, para mantener el contenido de agua entre 100 y 80% de la capacidad de campo. La eficiencia de agua fue evaluada en función de la biomasa aérea, biomasa de raíces y del volumen total de agua aplicada en el riego. En todos los tratamientos una mayor cantidad de agua fue requerida para mantener el contenido de humedad a 100% de CC en comparación a 80% de CC. La mayor producción de biomasa aérea se obtuvo con la dosis más alta de Terracottem (TC1) en ambas condiciones de humedad, no evidenciándose diferencias significativas entre estas. Los tratamientos con Terracottem resultaron en un mayor desarrollo de raíces en comparación al BK aunque la dosis de riego fue mayor. Los menores consumos de agua por unidad de biomasa fueron obtenidos en los tratamientos TC1; BK; TC2; control (SS) y fertilización química (FQ), no encontrándose diferencias entre las dos dosis de riego, para todos los tratamientos evaluados.

**Palabras Clave:** *Capsicum nahum* L.; acondicionadores; desarrollo vegetativo; riego; stress hídrico.

#### SUMMARY

A greenhouse experiment was set up to study the effects a synthetic conditioner "Bocashi" Terracottem® (a mixture of water absorbent polymers, fertilizers, root growth stimulators and lava) at two doses (TC1 and TC2) and an organic conditioner (BK), on the production of above ground and root biomass of a green pepper, *Capsicum annuum* L., crop in a sandy soil. Two irrigation doses were applied to maintain the soil water content either at 100% or 80% of its field capacity (FC). The efficiency of water use was evaluated in terms of consumption of water after 28 days of cultivation in relation to (1) the total volume of applied irrigation water, (2) the above ground biomass and (3) root biomass. It was obvious that for all treatments more water is needed to maintain the soil moisture content at 100% of FC than at 80% of FC. The highest above ground biomass production was obtained with the highest Terracottem dose (TC1) at both soil water contents. No significant differences were found between the two irrigation doses. TC treatments resulted in higher root biomass production than BK at the highest irrigation dose. The lowest levels of water consumption per unit biomass and unit root biomass were obtained in the TC1, BK and TC2 treatments. Also, no significant differences for above ground and radical biomass were found between irrigation doses, thus crop vegetative development was not affected when submitted to water stress.

**Key Words:** *Capsicum nahum* L.; amendments; water efficient use; compost; hydrogel.

## INTRODUCCIÓN

La adición de residuos orgánicos compostados y otros acondicionadores de suelo puede tener un efecto positivo sobre la eficiencia del uso de agua. Los acondicionadores aplicados no sólo modifican la estructura del suelo, dada la estabilización de los agregados, sino que además mejoraron propiedades físicas asociadas a la retención de agua, trabajabilidad e infiltración (Lentz *et al.*, 1992; Marty y Szot, 2001; Ben Hur y Keren, 2006).

El uso de los acondicionadores de suelo para mejorar la estabilidad estructural puede ser explicado por los agentes enlazantes que permiten unir las partículas de suelo (Tisdall y Oades, 1982), desde este punto de vista el mucilago que forman los hidrogeles asociados a las raíces o los agentes agregantes producidos por la actividad microbiológico contribuyen a mejorar la agregación del suelo y la retención de agua en el mismo (Trout *et al.*, 1995; Lents *et al.*, 1996; Ben Hur y Keren, 1997 y Sojka y Surapaneni, 2000).

Los acondicionadores de suelos pueden ser polisacáridos, humus, mulch y acondicionadores naturales o sintéticos como las: policriamidas (PAM), polivinil alcohol, bitumen, emulsiones asfálticas, silicatos entre otros. Entre los polímeros más conocidos están las policriamidas (PAM) el cual es un polímero de alto peso molecular y comprobada efectividad como acondicionador (Bourinas *et al.*, 1995; Sheinberg *et al.*, 1990 y Henríquez, 2000).

Dentro de los polímeros sintéticos los hidrogeles, llamados así por su capacidad para absorber agua, permiten mejorar el establecimiento de las plantas en zonas áridas y semiáridas, donde el déficit de agua es uno de los principales obstáculos para la producción agrícola (El Sayed *et al.*, 1991; Johnson y Piper, 1997; Akter *et al.*, 2004).

Los productos sintéticos como el Aquasorb®, Terracottem® entre otros, tienen fragmentos de gel que actúan como pequeños reservorios individuales para mejorar la disponibilidad de agua para las planta. La influencia de este tipo de polímeros sobre la dinámica del agua dentro del suelo ha sido ampliamente estudiado (Tayel y El Hady, 1981; Taylor y Halfacre, 1986; Orzolek, 1993; Wright y Raiper 2000; Hayat y Safdar, 2004).

En este sentido, una zona árida de Burkina Faso donde las precipitaciones no superaron los 200 mm, Van Cottem *et al.* (2006) aplicaron dosis de 100 y 200 g de

Terracottem, (acondicionador usado para mejorar la eficiencia de agua), en árboles de *Leucaena*, *Leucaena leucocephala* logrando incrementar el desarrollo radical en un 68,1 y 76,9% respectivamente, reduciendo la mortalidad de plantas de 74% a 21 y 16%, respectivamente. Igualmente Van Cottem *et al.* (2006) señalaron incrementos en la producción de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, de dos a tres veces cuando se uso el Terracottem como acondicionador, resultados similares fueron encontrados cuando se aplicó el acondicionador en el cultivo de zanahoria, *Daucus carota*, en suelos arenosos de baja fertilidad, observándose un incremento en la biomasa de raíces entre 5 a 8 veces y aumento de los rendimientos de 43,6 a 118,3 Mg ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado, además de los polímeros sintéticos, los acondicionadores orgánicos, son eficientes en mejorar la retención de agua en el suelo. En este sentido Rivero *et al.* (1998) encontraron que luego de tres años de incorporar residuos orgánicos, se mejoraron las condiciones estructurales del suelo, dado por el incremento de la porosidad total, la retención de agua a -33 kPa y la conductividad hidráulica saturada. Así como por la disminución de los valores de densidad aparente.

En vista de los efectos promisorios de los acondicionadores de suelo, en esta investigación se propuso evaluar los efectos de un compost de residuos orgánicos (Bocaschi) y una mezcla de polímeros hidrofílicos (Terracottem) usando un suelo arenoso de baja retención humedad en el cultivo de pimentón como indicador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de muestreo de suelo

El suelo empleado en el ensayo fue recolectado en el asentamiento campesino Cruz Verde, municipio Cadidubana, estado Falcón, el cual corresponde al área de influencia del sistema de riego Cruz Verde; localizado entre los 11° 47" de LN y 56° 76" de longitud oeste, el cual abarca una superficie estimada de 103 ha. La recolección del mismo se hizo en un área homogénea y se tomaron muestras al azar a una profundidad de 0-20 centímetros de profundidad.

### Características climáticas de la zona

Se tomó como referencia los datos climatológicos registrados por la estación meteorológica de Coro-Aeropuerto (1990-1999, Fuerza Aérea Venezolana) citado por Lugo, (2002), ya que en el área del ensayo no

existe estación meteorológica por lo que se consideraron los registros de la estación más cercana incluidos en el Cuadro 1.

**CUADRO 1.** Características climáticas de la zona Cruz Verde, estado Falcón.

Precip. (mm)	Temp. (°C)	Evap. (mm)	HR	Insol. (Horas)	Radiación MJ/m <sup>2</sup> /Día
357,7	27,8	2 912,6	75%	8,3	21,1

Fuente: Lugo (2002).

### Características del suelo

Los suelos de esta zona fueron clasificados como Camborthids (Strebins, 1990) y se caracterizan por presentar una textura areno-francosa, con baja capacidad para retener humedad. Bajo contenido de materia orgánica (MO) y baja fertilidad, permeables y de buen drenaje; encontrándose en la unidad cartográfica 1, la cual esta fisiograficamente ubicada en un abanico aluvial, disertado por un plano topográfico inferior de acumulaciones recientes, con pendientes moderadas de 3% (Cuadro 2 ).

### Diseño del experimento

Se empleó un diseño completamente aleatorio con estructura de tratamientos en arreglo factorial (5\*2\*2) con 5 repeticiones, lo cual totaliza 100 unidades experimentales. Los factores a evaluar fueron: Tratamientos del suelo: 2 acondicionadores, uno inorgánico el Terracottem (TC), el cual se aplicó en dos niveles, 4 g kg<sup>-1</sup>

de suelo (TC1) y 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo (TC2) uno orgánico el Bocaschi (BK), un fertilizante comercial (18-18-18) (FQ), y el suelo sin tratar (SS), lo que constituye 5 niveles para el primer factor a evaluar. Condición de humedad: 2 condiciones de humedad a capacidad de campo (1) y 80% de capacidad de campo (2) y condición de cultivo: 2, con la presencia del cultivo y sin la presencia del mismo. Las unidades experimentales fueron 100 macetas plásticas de 26 cm de diámetro superior por 20,4 cm de diámetro inferior y con una altura de 26 cm, con una capacidad total aproximada de 15 kg de cada una.

### Descripción de los tratamientos

#### Acondicionadores

Los acondicionadores usados fueron:

**Acondicionador orgánico:** se seleccionó el compost de residuos orgánicos Bocaschi (BK) el cual fue mezclado con el suelo en una relación suelo: compost de 3:1. Este abono fue elaborado a partir de una mezcla en partes iguales de estiércoles de chivo, ovino y bovino, caña de azúcar molida a lo cual se le agregó levadura de pan, ceniza y carbón masagua.

**Acondicionador sintético:** se escogió el producto Terracottem® (TC) que corresponde a una mezcla de (40 % de polímero, un fertilizante NPK de fórmula 14-14-14 y restos de ceniza volcánica, se aplicaron dos dosis 4 g kg<sup>-1</sup> de suelo (TC1) y 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo (TC2). Las características químicas tanto del Bocaschi como del Terracottem, son mostrados en el Cuadro 3.

**Fertilización química:** se aplicó un fertilizante comercial cuya fórmula fue equivalente a la que contenida el Terracottem (15-15-15), el cual fue denominado FQ.

**CUADRO 2.** Características del suelo bajo estudio en el asentamiento Cruz Verde, estado Falcón.

Muestra	A	L	a	Textura	pH	CE	MO (g*kg <sup>-1</sup> )	P mg*kg <sup>-1</sup>	K mg*kg <sup>-1</sup>	Ca mg*kg <sup>-1</sup>	Na mg*kg <sup>-1</sup>	Mg mg*kg <sup>-1</sup>
Cruz Verde	9,23	5,64	82,15	a	7,76Ma	0,27B	6,5B	8 B	47 B	530 M	22B	100 A

A: arcilla; L: limo; a: arena; Ce: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; P: fósforo; K: potasio; Ca: calcio; Na: sodio; Mg: Magnesio. Distribución del tamaño de partícula (Bouyoucos), Fósforo (Olsen), Potasio (Olsen), Magnesio (Morgan), Calcio (Morgan), pH; relación 1:2;5, Materia Orgánica (Combustión húmeda, Walkley y Black, 1934), Conductividad eléctrica (relación 1:5), Métodos descritos en Manual de Procedimiento de laboratorio del FONAIAP (Gilbert *et al.*, 1990)

**CUADRO 3.** Características del abono orgánico (Bocaschi) e hidrogel (Terracottem).

Tratamientos	N total (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K (%)	pH 1:2	CE 1:2 (Ds/m)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	C.O (%)
BOCASHI	0,100	1,46	1,36	7,59	10,71	3,64	8,54	2,63	1,66	17,25
TERRACOTTEM	5,0	1,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-

Ce: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica, P: fósforo; K: potasio, Ca: calcio; Na; sodio; Mg: Magnesio. Distribución del tamaño de partícula (Bouyoucos), Fósforo (Olsen), Potasio (Olsen), Magnesio (Morgan), Calcio (Morgan), pH; relación 1:2;5, Materia Orgánica (Combustión húmeda, Walkley y Black, 1934), Conductividad eléctrica (relación 1:5), Métodos descritos en Manual de Procedimiento de Laboratorio del FONAIAP (Gilabert *et al.*, 1990).

**Control:** consistió en un tratamiento sin fertilizante, el cual fue incluido en el experimento, este tratamiento fue denominado (SS).

**Cultivo:** todos los tratamiento se evaluaron con el cultivo de pimentón, *Capsicum annum* y sin el cultivo.

**Condición de humedad:** dos láminas de riego fueron aplicadas para mantener los contenidos de humedad del suelo a 80% (L1) y a 100% de capacidad de campo. Las condiciones de humedad se determinaron montando un ensayo preliminar; el cual se basó en la colocación de tres 3 vasos con una cantidad del suelo de 100 g (esta cantidad fue registrada), a estos se le agregó agua hasta llegar a la saturación, se dejó drenar por 24 horas, para determinarles a cada uno su capacidad de retención de humedad, luego se tomó el peso de cada vaso y por diferencia de peso se obtuvo la cantidad de agua que perdió el suelo. Basándose en la capacidad de retención de humedad obtenida, se obtuvieron dos condiciones de humedad las cuales fueron las siguientes: 100% y 80% de humedad del contenido de capacidad de campo (Cuadro 4), en función de ello y del peso seco del suelo (8 kg), se determinó la cantidad de agua que se tuvo que agregar en cada recipiente para ser llevados a las condiciones de humedad establecidas.

#### Propiedades y procesos de suelo evaluados

Para el ensayo se empleo un suelo de textura arenofrancisca, con baja capacidad para retener humedad y bajo contenido de MO proveniente del asentamiento campesino Cruz Verde, para la caracterización física y química del suelo, se tomaron muestras al azar a una profundidad de 0-20 centímetros en un área homogénea correspondiente a la unidad cartográfica 1, y se midieron las variables N total, P y K disponibles, conductividad eléctrica (Ce), contenido de MO y pH.

**CUADRO 4.** Contenido de humedad a capacidad de campo para los diferentes sustratos empleados.

Tratamientos	Contenido de agua (%) a capacidad de campo
Suelo SÓlo (SS)	12,2
Suelo+BOCASHI (BK)	33,6
Suelo+TERRACOTTEM 1(TC1)	21,8
Suelo+TERRACOTTEM 2(TC2)	22,3
Suelo + FERTILIZANTE QUÍMICO(FQ)	12,2

Los análisis químicos fueron realizados según el Manual de Métodos y Procedimiento del FONAIAP (Gilabert *et al.*, 1990). Se determinó la textura (distribución y tamaño de las partículas según Bouyoucos descrito por Pla, 1983), el pH (suelo: agua de 1: 2,5 ), P (Olsen, 1954); K (Olsen); Ca (Morgan), MO (combustión húmeda, según Walkey y Black), y Ce (relación 1:5). En el caso del acondicionador orgánico (Boscachi), antes del ensayo, se evaluaron sus propiedades de retención de humedad y las propiedades químicas N total, P y K disponibles, Ce y contenido de MO.

#### Evaluación de la eficiencia de agua

El contenido de agua en cada recipiente fue determinado gravimetricamente por pesada durante cada día. El peso de las plantas, la biomasa aérea (Ba) y la biomasa de raíces (Br) fue medido al final del experimento. La eficiencia de agua fue evaluada en términos del consumo

de agua 28 días después de la siembra (DDS) en relación a los parámetros: volumen de agua aplicado durante el riego; y las relaciones agua consumida/ Ba y agua consumida / Br. El volumen de agua, se determinó en función de la cantidad de agua aplicada, para llevar el suelo a capacidad de campo, la Ba fue determinada en base seca al final del ciclo de cultivo, para lo cual se separó la parte aérea de las raíces, secándose a estufa a 60 °C, posteriormente para el cálculo de los índices se procedió a dividir volumen de agua/ Ba y volumen de agua/Br, respectivamente (Fernández y Camacho, 2005).

### VARIABLES BIOMÉTRICAS EVALUADAS

Durante el ciclo del cultivo se realizaron mediciones cada cuatro días de la altura de plantas, así como el número de hojas. Al finalizar el ciclo del cultivo se evaluaron parámetros de rendimiento como Ba, rendimiento del cultivo, (Nº de frutos), Br, longitud de las raíces.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza (ANAVAR) para determinar diferencias entre los distintos tipos de acondicionadores de uso sobre las propiedades de suelo y las variables biométricas evaluadas. En aquellas variables donde se detectaron diferencias significativas, se realizaron pruebas de medias de Tukey para separar los tratamientos en función de la magnitud de los valores

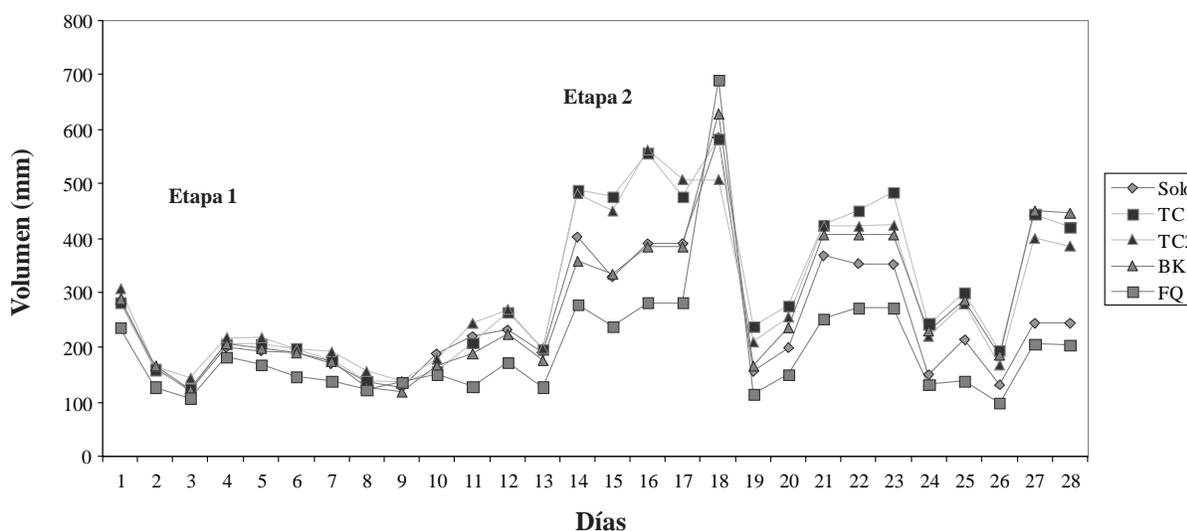
obtenidos. El valor de probabilidad seleccionado en el estudio fue de  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficiencia de agua evaluada a lo largo del ciclo del cultivo, en función de la relación agua aplicada/agua empleada, y la Ba y el desarrollo radical con la cantidad de agua consumida, siendo estas indispensables para poder determinar las diferencias entre el uso de los acondicionadores, ya que los mismos variaban en su contenido de humedad a capacidad de campo (Cuadro 4).

Por lo tanto las diferencias con respecto a la cantidad de agua aplicada no pudieron ser atribuidas a la eficiencia de los acondicionadores, sino, a las diferencias de retención de humedad de cada uno de los sustratos, lo que conllevó a que se aplicaran mayores volúmenes de agua en los tratamientos BK y TC, respectivamente.

En la Figura 1, se observa el comportamiento para cada uno de los tratamientos con respecto al volumen de agua aplicado, apreciándose un volumen de agua aplicado similar para todos los tratamientos en la primera etapa de desarrollo del cultivo (posterior al transplante), en la fase de máximo desarrollo vegetativo (etapa 2); mientras los tratamientos TC1 y TC2 tuvieron un mayor volumen de agua aplicado en comparación a los tratamientos BK, SS y FQ respectivamente.



**FIGURA 1.** Volumen de agua consumida durante el ensayo. **TC1:** Terracottem dosis 4 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **TC2:** Terracottem 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **BK:** Bocaschi; **Sólo:** Control; **FQ:** Fertilizante químico; **Etapa 1:** Etapa desde de transplante hasta primeras semanas de desarrollo de plántula; **Etapa 2:** Etapa de máximo crecimiento vegetativo.

Estos resultados son similares a los mostrados por Sivapalan *et al.* (2005), quienes señalan, que 35 días después del trasplante (DDT), la mayor cantidad de agua aplicada correspondió al tratamiento donde se aplicó el acondicionador ALCOSORB, lo cual se observó en el día 40 DDT.

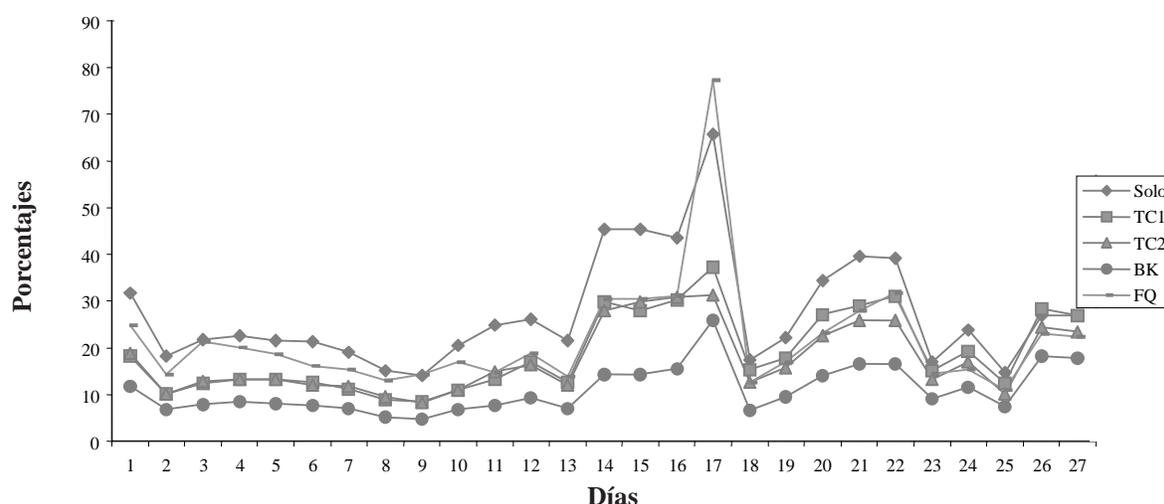
Los resultados no implicaron que los tratamientos SS y FQ fueran más eficientes que los tratamientos TC1, TC2 y BK por consumir una menor cantidad de agua, a lo largo del ensayo, por lo tanto, estos parámetros no fueron útiles para determinar la eficiencia del uso de agua en función del sustrato, en tanto fue necesario establecer la relación entre el volumen final de agua/volumen inicial (porcentaje de humedad) y entre el desarrollo vegetativo y radical en función del uso de agua. En todos estos resultados los tratamientos TC1 y TC2 resultaron ser más eficiente cuando se compararon con los tratamientos BK, SS y FQ, respectivamente.

En este sentido al evaluar la relación volumen de agua aplicado/volumen inicial se observa que los tratamientos BK, TC1 y TC2 fueron significativamente más eficientes ( $P < 0,05$ ) que los tratamientos SS y FQ, respectivamente (Figura 2), la mayor disponibilidad de agua en la rizosfera, se tradujo por lo tanto en un mayor desarrollo vegetativo. Este comportamiento llevó a la conclusión que aquellos tratamientos donde se uso el acondicionador de suelo, presentaron una menor pérdida de agua, debido a que los mismos mejoraron considerablemente la capacidad de retención de humedad del suelo.

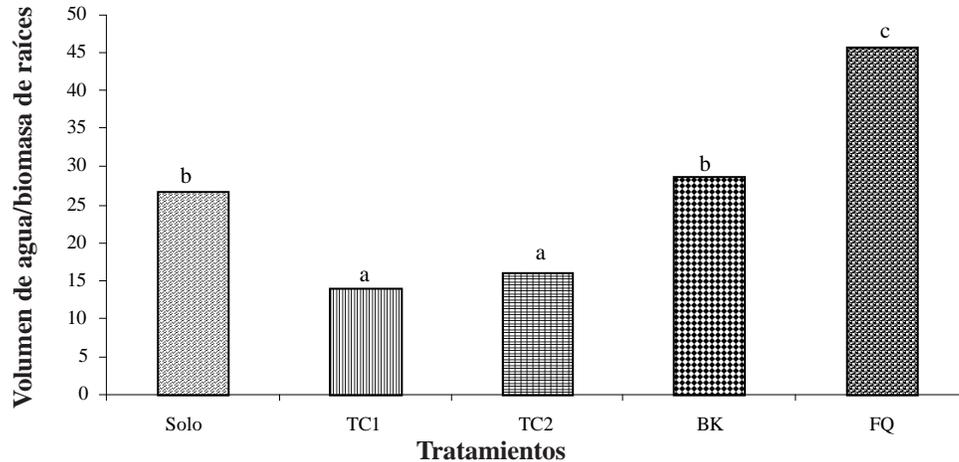
En la Figura 2, se observa que la demanda de agua se incrementó a medida que el cultivo se desarrollaba, así mismo es de notar que a pesar de que el tratamiento BK resultó más eficiente en el uso de agua al poseer una mayor retención de humedad, esta no fue aprovechada dado que el desarrollo de las raíces se afectó por los altos valores de salinidad encontrados en el acondicionador orgánico (Bocaschi) los cuales superaron los 10 dS/m.

Al respecto, investigaciones anteriores (Tayel y El Hady, 1981; Johnson, 1984; Taylor y Halfacre, 1986; Orzolek, 1993), revelan que cuando se aplica un acondicionador de suelo como las PAM, los hidrogeles o el Terracotem la eficiencia del uso de agua esta asociada a una mayor retención de la misma producto de la formación de una zona de micro pantanos formados alrededor de la rizosfera que incrementa el área de absorción, manteniendo el agua retenida, la cual es posteriormente aprovechada por las plantas.

No obstante, en la Figura 3 se observa que aparte de este efecto, el incremento del desarrollo radical también pudo contribuir a mejorar la absorción de agua, nótese que aquellos tratamientos donde se aplicó el Terracotem el uso de agua fue más eficiente, al tener una menor relación consumo de agua/Br al compararse con los tratamientos Bocaschi, suelo sólo y fertilizante químico, respectivamente, es decir que los tratamientos con Terracotem tuvieron un mayor desarrollo de raíces en función del volumen de agua aplicado.



**FIGURA 2.** Relación agua aplicada/agua consumida durante el ciclo del cultivo. volumen de agua consumida durante el ensayo. **TC1:** Terracotem dosis 4 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **TC2:** Terracotem 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **BK:** Bocaschi; **Sólo:** Control; **FQ:** Fertilizante químico; **Etapa 1:** Etapa desde de trasplante hasta primeras semanas de desarrollo de plántula; **Etapa 2:** Etapa de máximo crecimiento vegetativo.

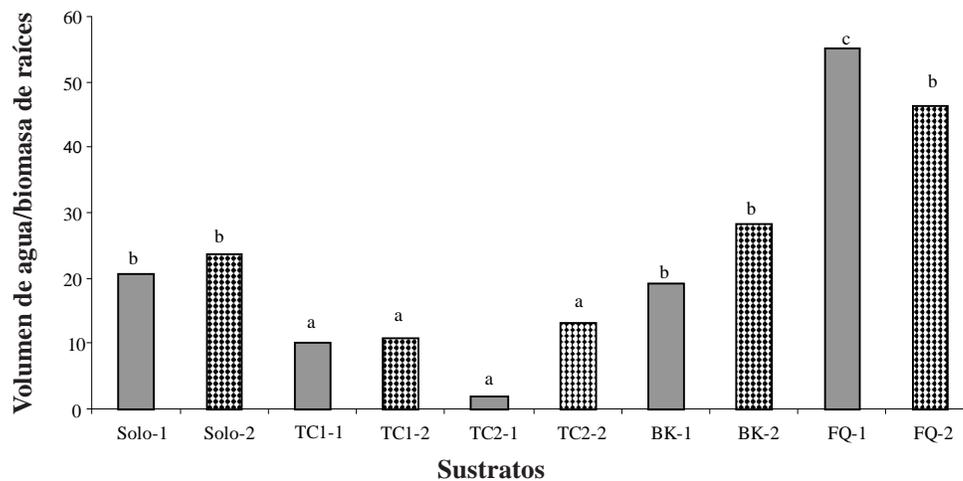


**FIGURA 3.** Relación consumo de agua/biomasa de raíces en función del sustrato, ( $P < 0,05$ ) letras diferentes indican diferencias significativas. **TC1:** Terracottem dosis 4 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **TC2:** Terracottem 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **BK:** Bocaschi; **Sólo:** Control; **FQ:** fertilizante químico.

Los resultados obtenidos son similares a los observados en otras investigaciones donde se evidenció que el uso de acondicionadores promueve el desarrollo de raíces en suelos de textura arenosas con déficit de humedad similares al usado en el presente estudio, Huttermann *et al.* (1999) al evaluar el efecto de un hidrogel en plantaciones de pino, *Pinus halepensis*, encontraron que el uso de hidroabsorbentes mejora notablemente el uso de agua en suelos arenosos, al observar incrementos en la Ba y Br; no obstante, estas aplicaciones pueden ser perjudiciales en suelos francos a arcilloso en este sentido Minami *et al.* (2003) cuando aplicaron 2 g por planta

de un acondicionador (Hidroplan) en un suelo franco-limoso de Brasil no encontraron respuesta en la Ba y Br, esto fue atribuido a un exceso de agua causado por el incremento de retención de humedad al aplicar los acondicionadores.

La eficiencia de uso de agua, también fue afectada por la condición de humedad presente en el suelo, en la Figura 4 se observa los tratamientos donde se aplicó Terracottem, los cuales fueron más eficiente en el uso de agua en comparación a aquellos tratamientos donde se usaron FQ y SS como acondicionadores, respectivamente.



**FIGURA 4.** Relación consumo de agua/biomasa de raíces a dos condiciones de humedad.  $P < 0,05$ ) letras diferentes indican diferencias significativas. **TC1:** Terracottem dosis 4 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **TC2:** Terracottem 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo; **BK:** Bocaschi; **Sólo:** Control; **FQ:** fertilizante químico.

La condición humedad presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la eficiencia de uso y la misma estuvo asociada a un mayor desarrollo de raíces, observándose en la condición de humedad a 100% de capacidad de campo una mayor eficiencia en el uso de agua expresada en volumen de agua aplicada por unidad de Br. Esta eficiencia disminuyó cuando la condición de humedad fue de 80% de capacidad de campo, siendo la diferencia más notable en los tratamientos donde no se aplicó Terracottem como acondicionador (BK, SS, FQ), lo cual sugiere que bajo las condiciones edafoclimáticas de excesiva evapotranspiración el uso de Terracottem contribuye favorablemente a reducir las condiciones de stress hídrico en ambientes semiáridos.

Estos resultados son similares a los presentados en investigaciones por Arbona *et al.* (2005) quienes al emplear un hidrogel como sustrato en plantaciones de cítricos, bajo condiciones de stress hídrico, se encontró que la incorporación del sustrato no sólo incremento la retención de humedad, sino que aumentó la Ba, el desarrollo de raíces y la supervivencia de plantas en ambientes semiáridos. Mientras que en aquellas plantas donde no se aplicó acondicionador, se determinó que estas fueron severamente afectadas por las condiciones de stress hídrico.

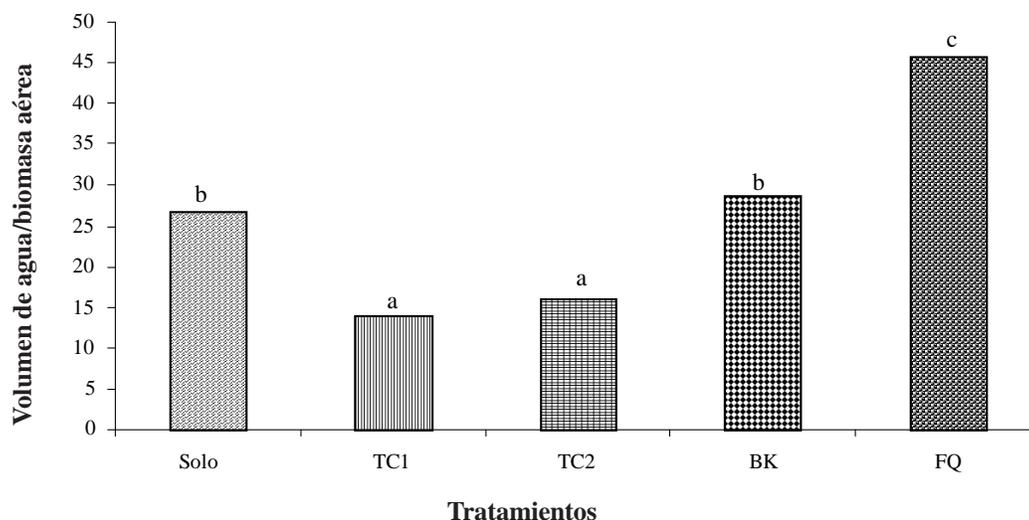
La relación agua consumida/Ba en función del sustrato (Figura 5), muestra que los tratamientos BK, TCI y TC2, presentaron una mayor capacidad para la retención de agua, no obstante, el Terracottem fue más eficiente en el uso de de agua en comparación a BK, producto de la

acción de los polímeros hidrofílicos que forman el Terracottem y al incremento del desarrollo radical.

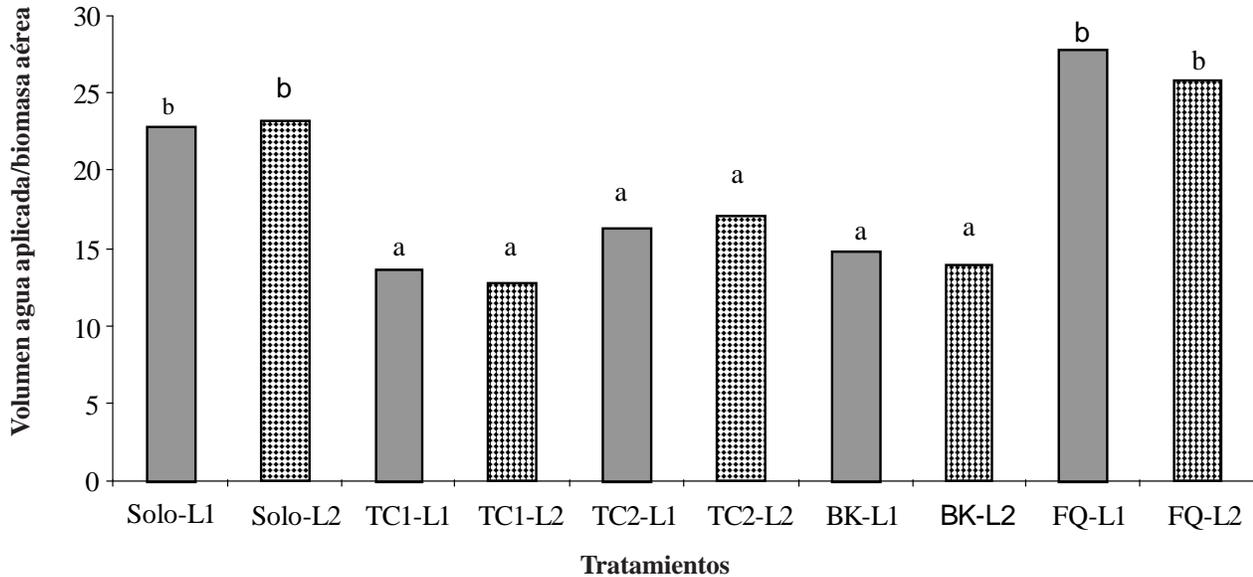
En el caso del abono orgánico (Bocaschi) a pesar de que sus propiedades físicas, mejoran la retención de humedad, los altos valores de salinidad afectaron el desarrollo de las raíces y por tanto la capacidad de la planta para captar agua, afectando el desarrollo del área foliar, en el caso del control (SS) el desarrollo vegetativo, fue afectado por las condiciones de stress hídricos (altas temperaturas y alta tasa de evapotranspiración) y las características del suelo (textura arenosa baja capacidad de retención de humedad y baja capacidad de retención de nutrientes).

La relación volumen de agua/ Ba bajo las condiciones de humedad evaluadas (100% y 80% de la capacidad de campo) no afectó la relación consumo de agua/Ba cuando se redujo el porcentaje de humedad de capacidad de campo (L1) a 80% (L2), concluyéndose que el efecto de stress hídrico es reflejado solamente sobre el desarrollo de las raíces, no obstante, no fue lo suficientemente afectado como para reducir sensiblemente la Ba.

De aquí que un inadecuado desarrollo radical afecta directamente la capacidad de las plantas para captar agua y nutrientes. En la Figura 6, se nota la misma tendencia que la observada cuando se evaluó la eficiencia de agua por unidad de Br que la mayor eficiencia fue alcanzada por los tratamiento TC1 y TC2, seguido de BK, SS y FQ, respectivamente.



**FIGURA 5.** Relación volumen de agua/biomasa aérea en función del sustrato.  $P < 0,05$ ) letras diferentes indican diferencias significativas. **TC1:** Terracottem dosis 4 gr  $\text{kg}^{-1}$  de suelo; **TC2:** Terracottem 2 g  $\text{kg}^{-1}$  de suelo; **BK:** Bocaschi; **Sólo:** Control; **FQ:** fertilizante químico.



**FIGURA 6.** Relación consumo de agua/biomasa aérea en función de la condición de humedad. ( $P < 0,05$ ) letras diferentes indican diferencias significativas. **TC1:** Terracottem dosis  $4 \text{ g kg}^{-1}$  de suelo; **TC2:** Terracottem  $2 \text{ g kg}^{-1}$  de suelo; **BK:** Bocaschi; **Sólo:** Control; **FQ:** fertilizante químico.

Estos resultados son coincidente con los señalados por Camacho *et al.* (1997) quienes encontraron resultados promisorios cuando aplicó dosis de 10 y 20 g de Terracottem en plantas de sandía, *Citrullus lanatus* Thunb, en suelos arenosos a una condición de riego deficitario (50% de capacidad de campo).

Los resultados obtenidos destacan la importancia del uso del Terracottem y el acondicionador orgánico (Bocaschi) para promover el desarrollo de cultivos en zonas áridas y semiáridas, diversos trabajos coinciden con los resultados obtenidos en la presente investigación por ejemplo Specht y Harvey-Jones (2000), encontraron una respuesta favorable cuando se incorporó un acondicionador de suelo en plantas sensibles a la sequía *Flindersia brayleana* y *Dysoxylum muelleri* observando un aumento en el peso tanto de la parte aérea como en las raíces cuando el producto fue usado como sustrato.

En esta investigación el mayor desarrollo de las plantas de pimentón se debió a una mejor eficiencia del uso de agua cuando se agregó el Terracottem, ya que el mismo incrementó notablemente la capacidad de retención de agua asociado a un mejor desarrollo radical. Aunque el acondicionador orgánico tuvo una retención de agua similar al del hidrogel, mientras el uso de agua no fue eficiente ya que el desarrollo vegetativo fue afectado

por los altos niveles de salinidad del mismo, por lo tanto, la relación volumen de agua/ Ba fue superior a la encontrada en los tratamientos donde se usó el Terracottem como acondicionador.

## CONCLUSIONES

- Los tratamientos TC1 y TC2 fueron más eficientes que BK, SS y FQ al mostrar un mayor desarrollo de raíces, ya que presentaron una menor relación consumo de agua/Br y consumo de agua/ Ba.
- Por otro lado, estos tratamientos TC1, TC2 y BK fueron menos afectados cuando se redujo la condición de humedad de un 100% de retención a 80% en comparación a BK, SS y FQ, lo cual sugiere que se pudiese reducir aún más los intervalos de riego para minimizar el consumo de agua.
- En el caso del BK desarrollo vegetativo fue afectado por los altos valores de salinidad.

## BIBLIOGRAFÍA

Agrid Arid World Consultants. 1991. Consultado en: [www.terracottem.com](http://www.terracottem.com) 15/02/05.

- Akhter, J., K. Mahmood, K. A. Malik, A. Mardan, M. Ahmad and M. M. Iqbal. 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea plant soil environ., 50(10):463-469.
- Arbona, V., J. Domingo, J. Iglesias, J. Jacas, E. Primo-Millo, M. Talon and A. Gomez-Cadenas. 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant and Soil* 270:73-82.
- Bourinas, D., L. Theodoropoulos and G. Drossopoulos. 1995. Designing synthetic polymers as soil conditioners. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 26(13-14):1.455-1.480.
- Ben-Hur, M. and R. Keren. 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:565-570.
- Ben-Hur, M. and R. Keren, 2006. Using synthetic polymers as soil conditioners to control runoff and soil loss in arid and semi-arid regions a review. *Australian Journal of Soil Research* 44(3):191-204.
- Camacho, F., A. Quesada, F. García. F., J. López, E. Martínez y J. Rodríguez. 1997. Aplicación de polímeros hidroabsorbentes en cultivos enarenados: productividad y calidad de melón "CV Categoría" Riego y Drenaje siglo XXI. 96. 28-33.
- El Hady, O., M. Tayel and M. Lotfy. 1981. Super gel as a soil conditioner. II: Its effects on plant growth, enzyme activity, water use efficiency and nutrient uptake. *Acta Horticulturae*, 119:257-265.
- El Sayed, H., R. C. Kirkwood and N. B. Graham. 1991. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. *Journal of Experimental Botany*, 42:891-899.
- Fernández, E. y F. Camacho. 2005. Eficiencia en el uso de agua: Conceptos y aplicaciones prácticas en horticultura y semilleros. *Revista Extra Viveros* (1):86-89.
- Gilabert, J., I. López y R. Pérez. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencias, análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) 164 p.
- Hayat, R. and A. Safdar. 2004. Water absorption by synthetic polymer (Aquasorb) and its effect on soil properties and tomato yield. *International Journal of Agriculture and Biology*.(6):998-1002.
- Henríquez, M., O. Rodríguez, F. Montero y A. Hernández. 2000. Efecto de diferentes suspensiones de cardón dato, cardón lefaria, tuna española y PAM sobre algunas propiedades físicas de un suelo de Quibor-Lara. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2000, 17:295-306.
- Henríquez, M., O. Rodríguez, F. Montero y A. Hernández. 2003. Efectos de acondicionadores naturales y sintéticos sobre los cationes solubles y la infiltración de agua en un aridisol, *Revista Brasileña de Pesquisa Agropecuaria*. 2:311-316.
- Hüttermann, A., M. Zommodi and K. Reise K. 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil Tillage Res.* 50:295-304.
- Johnson, M. 1984. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *J. Sci. Food Agric.* 35:1 063-1 066.
- Johnson, M. and R.T. Leah. 1990. Effects of superabsorbent polyacrilamides on efficiency of water use by crop seedlings. *J. Sc. of Food Agric.* 52:431-434.
- Johnson, M. S. and C. D. Piper. 1997. Cross-linked water-storing polymers as aids to drought tolerance of tomatoes in growing media. *J. Agronomy and Crop Science*, 178:23-27.
- Lentz, R., I. Shainberg, R. Sojka and D. Carter. 1992. Preventing irrigation furrow erosion with small applications of polymers. *Soil Science Society of America Journal, Madison*, v. 56, n. 6, p. 1 926-1 932.
- Lentz, R., R. Sojka and D. Carter. 1996. Furrow irrigation water quality effects on soils loss and infiltration. *Soil. Sci. Soc. Am. J* 60: 238-245.
- Lugo, M. 2002. Requerimientos hídricos de cultivos adaptables a las condiciones agroecológicas de la serie El Patillal. Estado Falcón. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Falcón, Venezuela. Universidad Experimental Francisco de Miranda. Venezuela, 66 p.

- Orzolek, M., D. 1993 Use of hydrophilic polymers in horticulture. *Hort. Tech.*, 3:421-444.
- Marty, W. and P. Szot. 2001. Influence of superabsorbents on the physical properties of horticultural substrates. *Int. Agrophysics*, 1:87-94.
- Minami, S., C. S. Bueno, S. F. Blat y F. L. Cuquel. 2003. Efficiency Of A Soil Conditioner On Strawberry. *ISHS Acta Horticulture 607: In: IX International Symposium on Timing of Field Production in Vegetable Crops*.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnósticos de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Alcance 32. Revista de la Facultad de Agronomía. UCV. Maracay*. 91 p.
- Rivero, C., D. Lobo, D. López y A. Pérez. 1998. Efectos de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un Alfisol degradado. *Venezuelos 6(1-2):29-33*.
- Shainberg, I., D. Warrington and N. Rengassamy. 1990. Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing. *Soil Science*, 149(3):301-307.
- Sivapalan, S. 2005. Effect of Polymer on Soil Water Holding Capacity and Plant Water Use Efficiency. *The Australian society of Agronomy. Proc. 12th Aust. Agron. Conf. Hobart. www.regional.org.au/au/asa/2005*.
- Sojka, R. E. and A. Surapaneni. 2000. 'Polyacrylamides in Irrigated Agriculture'. National Program for Irrigation Research and Development.
- Specht, A. and J. Harvey-Jones. 2000. Improving water delivery to the roots of recently transplanted seedling trees: the use of hydrogels to reduce leaf loss and hasten root establishment. *Forest Research 1:117-123*.
- Strebins, S. 1990. Ministerio del ambiente y de los recursos renovables capacidad de uso de las tierras del estado Falcón. (Series Informes Técnicos Zona 2/IT/312).
- Tayel, M. Y. and O. A. El Hady. 1981. Super Gel as a soil conditioner. I: Its effects on water relations. *Acta Horticulturae*, 199:247-256.
- Taylor, K. C. and R. G. Halfacre. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *Horticultural Science*, 21(6):1.159-1.161p.
- Tisdall, J. M. and J. M. Oades. 1982. Organic matter and water-stables-aggregates in soils. *Journal of Soil Science, Baltimore*, v. 33, n. 2, p. 141-163.
- Trout, T. J., R. E. Sojka and R. D. Lents. 1995. Polyacrylamide effects on furrow erosion and infiltration. *Trans ASAE 38:761-765*.
- Van Cottem, W. and D. Pattie. 2006. Integrated Soil Conditioning. IFA Agriculture Conference. Kunming, China, 27 February - 2 March 2006.
- Wright, D. and I. Raiper. 2000. An assessment of the relative effects of adverse physical and chemical properties of sodic soil on the growth and yield of wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Plant and Soil 223, 277-285*.
- Walkley, A. y A. Black .1934. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method *Soil Sci.Soc Am. J.* 37:29-38.

## EFFECTO DEL VERMICOMPOST, SOBRE EL CRECIMIENTO, EN VIVERO, DE LA NARANJA 'CRIOLLA' SOBRE TRES PATRONES

### EFFECT OF THE VERMICOMPOST, ABOUT THE GROWTH, IN GREENHOUSE, OF THE ORANGE 'CRIOLLA' IT HAS MORE THAN ENOUGH THREE ROOSTOCK

Julio Oropeza\* y Tania Russián\*\*

\* Investigador. INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Estación Experimental Barinas. E-mail: julioropeza88@yahoo.es.

\*\*Profesora. UNEFM. Complejo Académico Ingeniero Agrónomo José Rodolfo Bastidas. Intercomunal Coro, La Vela, El Hatillo.  
E-mail: taniarussian@yahoo.es.

#### RESUMEN

A fin de evaluar el efecto del vermicompost sobre la producción de plantas de naranja, *Citrus sinensis*, 'Criolla' injertada sobre 3 patrones, en condiciones de vivero, se estableció un ensayo en el sector Macanillas-Curimagua, bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial se consideraron los factores patrón y concentración de vermicompost con 3 y 4 niveles, respectivamente, 3 repeticiones y 6 plantas por unidad experimental utilizando los patrones: 'Volkameriana' (Vol), citrumelo 'Swingle' (Swi) y 'Cleopatra' (Cle). Se determinó longitud del injerto, número de hojas, tasa de emisión de hojas y la relación diámetro del patrón/diámetro del injerto (Dp/Di), así como longitud, peso fresco y peso seco de la raíz a los 100 días después de la injertación. Los resultados se analizaron con el programa estadístico InfoStat ( $P < 0,05$ ). Encontrándose que la menor longitud del injerto, en los patrones Volkameriana y Cleopatra correspondió a la combinación de 0% de vermicompost, no así para el Swi, donde la menor longitud se registró con la concentración de 1%. El mayor número y tasa de emisión de hojas correspondió al Cle-10%, y la mayor relación Dp/Di al Swi-5%. En relación a la raíz, la mayor longitud y el mayor peso fresco se registró en el Vol-10%, no obstante, el mayor peso seco correspondió al Swi-10%, seguido del Vol-5 y 10%. Los mayores promedios de longitud del injerto y número de hojas así como longitud, peso fresco y peso seco de la raíz, se obtuvieron con la mayor concentración de vermicompost.

**Palabras Clave:** *Citrus sinensis*; naranja 'Criolla'; vermicompost; patrones; vivero.

#### SUMMARY

In order to evaluate the effect of the vermicompost on the production of orange plants 'Criolla' grafted on three rootstock, under greenhouse conditions, an experiment was conducted in the zone of Macanillas-Curimagua, using a totally random design in a factorial arrangement. Factors were rootstocks and vermicompost concentrations with 3 and 4 levels, respectively; three repetitions and six plants per experimental unit were used. Rootstocks were 'Volkameriana' (Vol), citrumelo 'Swingle' (Swi) and 'Cleopatra' (Cle) and vermicompost concentrations were 0, 1, 5 and 10%. Determinations were made of graft length, number of leaves, rate of emission of leaves and the relationship graft/rootstock diameter (Dp/Di), as well as length and fresh and dry weight of roots 100 days after grafting. Results were analyzed with the statistical program InfoStat ( $P < 0,05$ ). It was found that the shortest graft length, for rootstocks 'Volkameriana' and 'Cleopatra' corresponded to the combination of 0% vermicompost, whereas for Swi, the shortest length registered corresponded to the concentration of 1%. The highest number of leaf emission rate corresponded to Cle-10%, and the largest relationship Rg/Rr to Swi-5%. Greatest root length and fresh weight corresponded to Vol-10%, whereas greatest dry weight corresponded to Swi-10%, followed by the Vol-5 and 10%. The greatest averages in longitude of the graft and number of leaves as well as longitude, fresh weight and dry weight of the root, were obtained with the highest vermicompost concentration.

**Key Words:** *Citrus sinensis*; orange 'Criolla'; vermicompost; rootstock; greenhouse.

## INTRODUCCIÓN

La Hoya de Curimagua es de importancia para el estado Falcón no sólo como fuente hidrográfica y turística, sino, también por su actividad agrícola. El sector Macanillas, es una zona dedicada básicamente al turismo y a la agricultura. La superficie que se dedica para realizar labores agrícolas en dicho sector, se estima en 35,92 ha con un total de 34 conucos, y un área promedio de 1,09 ha (García y Tremont, 2004).

De manera general, los productores realizan pocas prácticas agrícolas para el manejo de sus plantaciones, y aún cuando la fertilización pudiera ser una alternativa para aumentar la producción, por ser una zona de área bajo régimen de administración especial (ABRAE) se requiere disminuir el uso de productos químicos sin afectar los rendimientos y a su vez mejorar las condiciones físico-químicas del suelo. Puesto que en todo cultivo es necesario suministrarle a las plantas nutrientes que favorezcan su desarrollo, se propone el uso del vermicompost como alternativa orgánica para la fertilización de cítricos para disminuir los costos de producción y por ser un producto de fácil elaboración.

Se ha señalado que la utilización de materia orgánica (MO) en plantaciones cítricas trae numerosos beneficios en el crecimiento y desarrollo de las plantas y en las propiedades del suelo, para la citricultura, se sabe que la utilización de MO es importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y en la productividad, no obstante, trabajos que recomiendan las mejores fuentes, dosis, épocas y modo de aplicación, son escasos (Rezende *et al.*, 2005).

Actualmente se está construyendo la planta procesadora de jugo de naranja, esta será un centro de acopio que abarcará toda la zona, en tal sentido, los productores están interesados en renovar sus plantaciones y mejorar los rendimientos.

Aún cuando en el sector también existe naranja 'Valencia' sobre patrón 'Volkameriano' y 'Cleopatra', se encuentran trabajos que señalan que la 'Criolla' presenta mejor calidad química (Russián, 2006).

El patrón determina en la horticultura la forma de la planta de cítricos por que afecta el crecimiento (Castle *et al.*, 1993), la producción de frutos y su calidad (Castle *et al.*, 1988), las relaciones hídricas (Castle y Krezdorn, 1977) y los requerimientos de nutrientes (Wutscher, 1989).

En sus trabajos, Castle y Youtsey (1977) estudiaron el sistema radical de plantas jóvenes de los patrones Naranja agrio, Cleopatra y Volkameriana, en suelos de textura arenosa fina, señalando con relación a estos últimos que el sistema radical del Cleopatra es muy similar al del Naranja agrio, presentando muchas raíces finas entre los 61 a 91 cm de profundidad. En lo que respecta a las raíces principales, no observaron un buen desarrollo. El Volkameriana, fue el más vigoroso presentando raíces laterales gruesas y la raíz principal penetra profundamente. De igual forma, Avilán *et al.* (1986) observaron que el patrón Volkameriana presentó el mayor "espacio radical" explorado, seguido en orden decreciente, por el Naranja agrio y Cleopatra.

Referente al citrumelo 'Swingle', Quagio *et al.* (2004) en un trabajo donde evaluaron la eficiencia de producción de frutos de naranja dulce sobre diferentes patrones y fertilizados con N, P y K, señalaron que el crecimiento de las plantas fue afectado por el patrón: las plantas sobre citrumelo 'Swingle' presentaron un menor volumen de copa en comparación al limón 'Cravo' y la mandarina Cleopatra.

En este trabajo, se planteó como objetivo evaluar el efecto del vermicompost líquido en el desarrollo de naranja 'Criolla', durante la fase de vivero, injertada sobre tres patrones en el sector Macanillas de Curimagua. A fin de que el uso de injertación acorte el tiempo hasta la primera floración, aprovechando al mismo tiempo las ventajas del uso de abonos orgánicos para la formación de plantas más vigorosas usando dos patrones comunes en la zona como lo son el limón Volkameriano y la mandarina Cleopatra y se introducirá el citrumelo Swingle, que es un patrón que induce porte bajo según lo señala Monteverde *et al.* (2005).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El ensayo se realizó en el sector Macanillas, municipio Petit del estado Falcón que se encuentra a una altura de 800 m.s.n.m., aproximadamente y bajo una temperatura promedio de 26 °C.

Se seleccionaron plantas de la variedad Criolla con características promisorias en cuanto a ausencia de síntomas de enfermedades, buen desarrollo del follaje y vigor, con el propósito de contar con suficiente material para suministrar un gran número de yemas, así como también nivel de producción y calidad del fruto, observado por el productor.

Previo a la toma de las yemas (2 meses antes), se prepararon las plantas realizando una fertilización con vermicompost sólido a razón de 1,5 kg por planta, además de una poda ligera para estimular la brotación.

Una vez que fueron seleccionadas las yemas se procedió a injertarlas sobre los patrones Volkameriana, Cleopatra y citrumelo Swingle, los cuales se adquirieron en el vivero “La Trinidad”, estado Yaracuy. Los patrones se mantuvieron en bolsas de polietileno de 4 kg, colocados a plena exposición solar, donde se realizó la injertación de tipo enchapado lateral.

El vermicompost usado provino de la parcela, de un productor de la zona y el análisis presentó las características que se muestran en el Cuadro 1.

### Tratamientos

Patrón Volkameriana + 0 % de vermicompost líquido (Vol-0%)

Patrón Volkameriana + 1 % de vermicompost líquido (Vol-1%)

Patrón Volkameriana + 5 % de vermicompost líquido (Vol-5%)

Patrón Volkameriana + 10 % de vermicompost líquido (Vol-10%)

Patrón Cleopatra + 0 % de vermicompost líquido (Cle-0%)

Patrón Cleopatra + 1 % de vermicompost líquido (Cle-1%)

Patrón Cleopatra + 5 % de vermicompost líquido (Cle-5%)

Patrón Cleopatra + 10 % de vermicompost líquido (Cle-10%)

Patrón citrumelo Swingle + 0 % de vermicompost líquido (Swi-0%)

Patrón citrumelo Swingle + 1 % de vermicompost líquido (Swi-1%)

Patrón citrumelo Swingle + 5 % de vermicompost líquido (Swi-5%)

Patrón citrumelo Swingle + 10 % de vermicompost líquido (Swi-10%)

El total de nutrientes aplicados por concentración, se muestra en el Cuadro 2. Además se aplicó 500 g de vermicompost sólido por bolsa, al momento de la injertación y, posteriormente se fertilizó de manera foliar usando un atomizador manual con vermicompost líquido cada 20 días, asperjando 1 l por planta según el tratamiento correspondiente, el tratamiento testigo se asperjó con agua. El riego se realizó cada 3 días.

### Variables evaluadas

**Parte aérea:** se evaluó en las 6 plantas que conformaban la unidad experimental.

**Longitud del injerto:** midiendo con un metro la longitud del injerto, cada 20 días y expresando el resultado en cm.

**Tasa de emisión de hojas:** por cociente simple entre el número de hojas inicial y el número de hojas al final del ensayo.

**Número de hojas del brote:** se realizó por conteo simple al final del ensayo.

**Relación diámetro del patrón y del injerto (Dp/Di):** fue medido con un vernier al finalizar el ensayo y se expresó el resultado en cm.

**Parte radical:** se evaluó a los 100 días después de la injertación y como unidad experimental se consideró 2 plantas por repetición.

**Longitud de la raíz principal:** se midió con cinta métrica, expresándose el resultado en cm.

**Peso húmedo:** se cortaron todas las raíces, pesándose en una balanza digital, expresando el resultado en g.

**CUADRO 1.** Análisis químico del vermicompost líquido.

Cationes (meq/l)				Aniones (meq/l)			pH	C.E (dS/m)	M.O (%)	P ppm	N (%)	
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na	K <sup>+</sup>	Total	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>						Total
39,1	3,0	5,0	0,18	42,3	0,2	0,3	0,5	9	1,5	0,56	9,0	0,28

Laboratorio de Servicio de Suelo, Agua y Planta de la UNEF.

**Peso seco:** colocando las raíces en bolsas de papel, identificadas y llevando a la estufa a 70 °C hasta peso constante. El resultado se expresó en g.

**CUADRO 2.** Cantidad de nutrimentos aplicados según la concentración de vermicompost.

Elementos	Concentración (%)		
	1	5	10
N (%)	0,0028	0,014	0,028
P (ppm)	0,09	0,45	0,9
K (%)	0,0018	0,009	0,018
Ca (%)	0,391	1,955	3,91
Mg	0,03	0,15	0,3
Na	0,05	0,25	0,5

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial siendo los factores el patrón y la concentración de vermicompost con 3 y 4 niveles, respectivamente; conformando 12 tratamientos. Se consideraron 3 repeticiones y 6 plantas como unidad experimental, para un total de 216 plantas. Los resultados se analizaron con el programa estadístico InfoStat, realizando los ANAVAR correspondientes y aplicando una prueba de separación de medias de Duncan a las variables que resultaron estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de la parte aérea

#### a) Longitud del injerto

En los 3 patrones y con todas las concentraciones de vermicompost, se observó un incremento acelerado de los 20 a los 40 días después del transplante (DDT), posteriormente este aumento fue en mayor o menor proporción según cada tratamiento (ver Figura).

A los 100 DDT, en el patrón Volkameriana, la menor longitud del injerto se registró en el Vol-0%, con 15,92 cm, seguido de los tratamientos Vol-5% con 19,20 cm, Vol-10% con 21,26 cm y Vol-1% con 21,84 cm. De manera similar, el patrón Cleopatra (Cle-0%) mostró la menor altura del injerto (18,00 cm) seguido de las

concentraciones 1%, 10% y 5% (18,34 cm; 20,64 cm y 21, 29 cm, respectivamente). Por su parte en el citrumelo Swingle, el menor promedio se registró el Swi-1% con 11,74 cm, seguido del Swi-0% con 12,47 cm y los tratamientos de 5% y 10% con 12,84cm y 14,41 cm, respectivamente.

#### b) Número de hojas

Con relación al número de hojas, se encontraron diferencias estadísticas, formándose 2 grupos bien definidos, el de mayor valor correspondiente al tratamiento Cle-10% y el de menor valor que fue el Swi-0% (Cuadro 3). En todos los patrones la combinación con la dosis 0 de vermicompost, resultó en el menor promedio para ese patrón. Así, se observa que para el Volkameriana promedios entre 13,56 (Vol-0%) y 16,67 (Vol-1%); en el Cleopatra entre 12,78 (Cle-0%) y 17,33 (Cle-10%) y para el citrumelo Swingle entre 11,44 (Swi-0%) y 14,22 (Swi-5%).

#### c) Tasa de emisión de hojas

En cuanto a la tasa de emisión de hojas, también se formaron 2 grupos estadísticamente bien definidos, el de menor valor con los tratamientos Cle-0% y Swi-0% (0,31) y el de mayor promedio correspondiendo al Cle-10% (0,49). Los demás tratamientos constituyeron un grupo intermedio con promedios entre 0,32 y 0,46 (Cuadro 3).

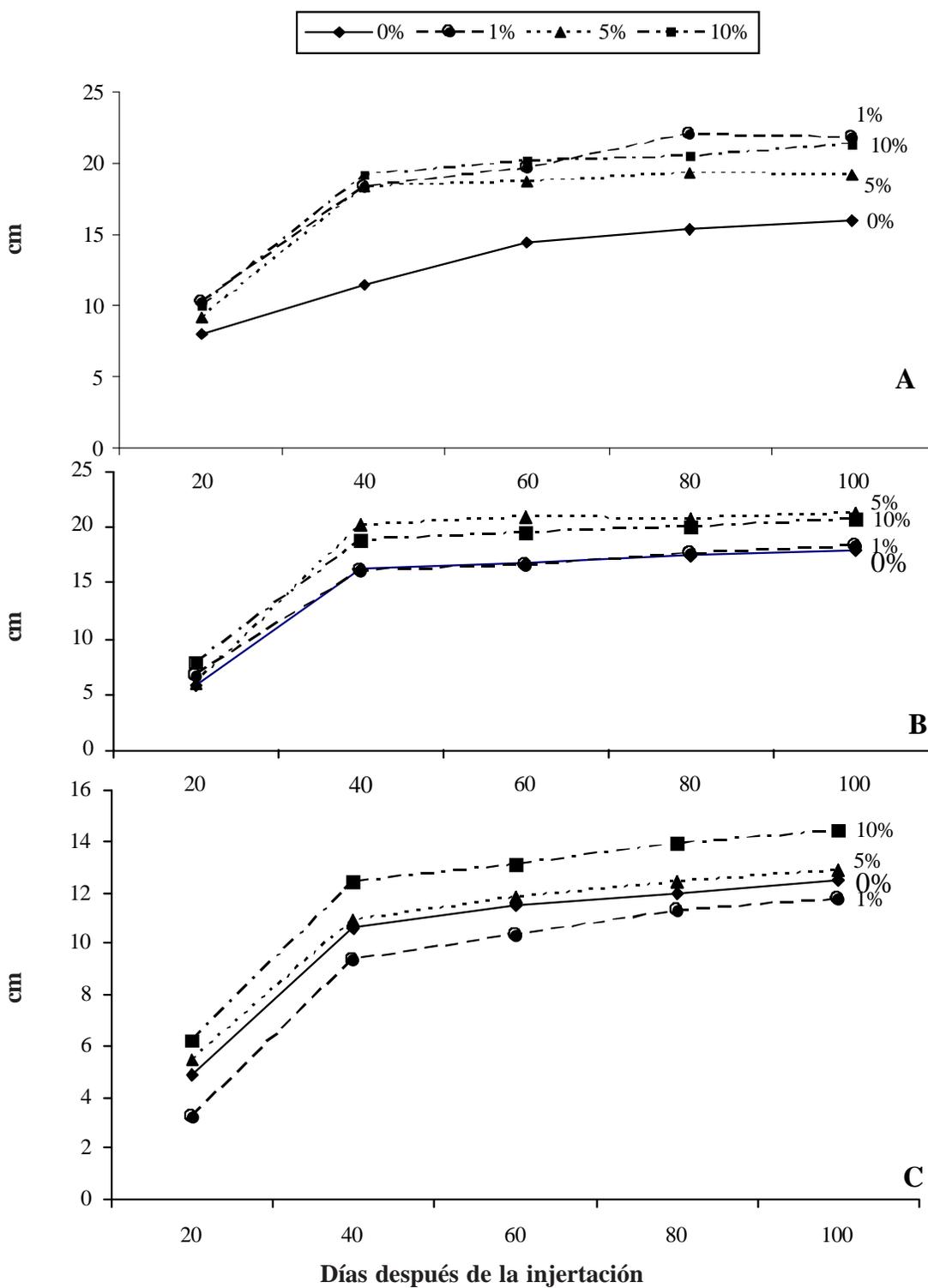
#### d) Relación diámetro del patrón/diámetro del injerto

Los resultados de la variable relación diámetro del patrón/diámetro del injerto ( $D_p/D_i$ ) como puede verse en el Cuadro 3. Los tratamientos Cle-5% y Cle-10% presentaron el menor valor (1,42 y 1,37, respectivamente), el grupo intermedio constituido por el tratamiento Swi-5% con 2,31 y el grupo de mayor promedio por el Swi-5%. Los demás valores oscilaron entre 1,46 y 1,94.

### Evaluación de la parte radical

#### a) Longitud de la raíz

En el Cuadro 4 se muestran los resultados de la longitud, peso fresco y peso seco de la raíz. Con relación a la longitud de la raíz, se formaron 2 grupos estadísticamente bien definidos: uno con los tratamientos que registraron mayor valor correspondiendo al Vol-10% (22,00 cm) y otro con los menores valores que fueron Vol-0% y Cle-0% con 13,00 y 12,50 cm, respectivamente.



**FIGURA.** Longitud del injerto de naranja ‘Criolla’ injertada sobre (A) ‘Volkameriana’; (B) ‘Cleopatra’ y (C) citrumelo ‘Swingle’ y bajo tres concentraciones de vermicompost.

Los demás promedios oscilaron entre 21,50 y 15,00 cm para los tratamientos Vol-5% y Swi-0%, respectivamente.

En los resultados de peso fresco, hubo 3 grupos estadísticamente diferentes, el mayor promedio que correspondió al Vol-10% con 68,25 g, otro grupo con promedios intermedios (38,28; 42,15; 39,13 y 45,75 g, correspondiendo a Vol-0%; Vol-1%; Swi-1% y Swi-10%, respectivamente y un grupo con el menor valor que fue el Cle-0% (15,15 g).

Cuando se analizó el peso seco, el mayor valor se registró en el Swi-10% con 30,31 g, por su parte los menores promedios se encontraron en Vol-0%, Vol-1%, Cle-0%, Cle-1%, Cle-5%, Cle-10%, Swi-0% y Swi-1%, y un grupo intermedio con valores entre 29,95 y 18,78 (Vol 10% y Swi 5%, respectivamente).

### Efecto del Vermicompost

En el Cuadro 5 se muestra el efecto del vermicompost líquido para las variables longitud del injerto, número de hojas, tasa de emisión y relación diámetro del patrón/diámetro del injerto a los 100 DDT. Se encontraron diferencias significativas para la longitud del injerto, número de hojas y relación Dp/Di.

En relación a la longitud del injerto, el mayor promedio se registró en la concentración de 10% y el menor promedio en el testigo. En la variable número de hojas se formaron 2 grupos estadísticamente diferentes, uno con las concentraciones de 1, 5 y 10 de vermicompost y otro con el testigo, el cual presentó el menor valor. Por el contrario en la variable tasa de emisión de hojas no hubo diferencias estadísticas aunque el menor valor se registró en la concentración de 0% de vermicompost.

Se encontró que la mayor relación Dp/Di correspondió a la concentración de 1% con 1,94 y la menor relación a la concentración de 10% con 1,69.

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del efecto de la concentración del vermicompost sobre la longitud, peso fresco y peso seco de la raíz. Como puede verse, se encontraron diferencias significativas para todos los tratamientos. La mayor longitud de raíz se registró con las concentraciones de 5 y de 10% con 19,83 y 20,50 cm, respectivamente. Esta misma tendencia se observó para el peso fresco mientras que para el peso seco el mayor valor se encontró a la mayor concentración. En todos los casos con la concentración de 0% se registró el menor valor.

**CUADRO 3.** Número y tasa de emisión de hojas y la relación diámetro del patrón/diámetro del injerto de la naranja 'Criolla', injertada en 3 patrones y con 4 dosis de vermicompost.

Tratam.	N° de hojas	D.E	Tasa emisión de hojas	D.E	Relación Dp/Di	D.E
Vol-0%	13abcd <sup>1</sup>	2,65	0,35ab	0,13	1,95cd	0,61
Vol-1%	16de	3,10	0,34ab	0,24	1,80bcd	0,39
Vol-5%	15bcde	3,24	0,36ab	0,12	1,61abc	0,24
Vol-10%	15cde	4,89	0,32ab	0,13	1,74abc	0,25
Cle-0%	12abc	3,07	0,31a	0,17	1,53ab	0,20
Cle-1%	15cde	2,57	0,46ab	0,15	1,46ab	0,25
Cle-5%	16de	1,81	0,46ab	0,10	1,42a	0,12
Cle-10%	17e	3,24	0,49b	0,19	1,37a	0,14
Swi-0%	11a	1,74	0,31a	0,19	2,12de	0,21
Swi-1%	12eb	2,55	0,39ab	0,18	2,55f	0,53
Swi-5%	14abcde	2,77	0,39ab	0,15	2,31e	0,49
Swi-10%	14abcd	2,06	0,37ab	0,14	1,94cd	0,35

Promedio de 9 evaluaciones.

<sup>1</sup> Valores entre columnas seguidos por letras diferentes, son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor promedio de la longitud del injerto y del número de hojas, en los patrones Cleo y Swi, se registró con la mayor concentración de vermicompost (10%), por su parte en el Vol, los valores más altos, fueron muy similares para las concentraciones de 1 y 10%.

En relación al efecto del patrón como era de esperarse, el Volkameriana y el Cleopatra alcanzaron la mayor longitud del injerto y número de hojas. No obstante, en el citrumelo Swingle se encontró una mayor relación Dp/Di del injerto.

El conocer la tasa de crecimiento vegetativo de un material utilizado como patrón es vital, debido a la influencia de sus características genéticas sobre la capacidad de desarrollo del injerto o parte aérea de la planta (Avilán, 1993). Los resultados obtenidos indican que los patrones se comportaron de manera similar a lo mostrado por otros investigadores, al señalar que el Volkameriano es un patrón muy vigoroso aunque en ocasiones estadísticamente igual a la Cleopatra; y que los trifoliados, como el citrumelo Swingle, reducen el tamaño de copa de las especies y/o cultivares injertados (Reyes y Ruiz, 1984; Monteverde *et al.*, 1996; Monteverde *et al.*, 2005; Escobedo, 2003).

Las aplicaciones foliares del vermicompost en concentraciones de 5 y 10% demuestran que las plantas tuvieron una respuesta favorable, en cuanto a la longitud del injerto, número de hojas, longitud, peso fresco y peso seco de la raíz.

El vermicompost líquido empleado, tenía bajas concentraciones de macronutrientes N (0,028), P (9), K (0,18) no obstante, a pesar de ello se pudo apreciar un aprovechamiento por parte de las plantas, reflejado en las variables de crecimiento. Esto indica que el vermicompost puede ser recomendado para mejorar la producción de plantas de naranja, en vivero, sobre todo a los productores de la zona donde se realizó el estudio, ya que se encuentra bajo régimen de administración especial (ABRAE).

Son pocos los trabajos relacionados con la fertilización en la formación de plantas cítricas, principalmente cuando se trata de fertilización orgánica. Al respecto, Rezende *et al.* (2005) en un experimento donde evaluó los efectos del estiércol de corral curtido en la fertilización de formación de una plantación de tangerina 'Ponca', *Citrus reticulata* Blanco, comparándolo con la fertilización química convencional, encontraron que por cada kilo de estiércol de corral curtido aplicado, hubo un incremento en la altura de la planta, diámetro del tallo y de la copa, proyección y volumen de la copa.

**CUADRO 4.** Longitud, peso fresco y peso seco de la raíz por efecto la dosis de vermicompost en 3 patrones injertados con naranja 'Criolla'.

Trat.	Longitud		Peso fresco		Peso seco	
	(cm)	D.E.	(g)	D.E.	(g)	D.E.
Vol-0%	13,00a <sup>1</sup>	1,41	38,28c	13,68	14,30ab	4,74
Vol-1%	16,00abc	0,00	42,15c	5,80	14,70ab	0,92
Vol-5%	21,50de	2,12	64,55de	11,60	27,63d	7,39
Vol-10%	22,00e	2,83	68,25e	11,53	29,95d	0,71
Cle-0%	12,50a	0,71	15,15a	5,37	5,90a	1,77
Cle-1%	16,00abc	1,41	19,25ab	5,16	9,40ab	4,67
Cle-5%	18,00bcd	0,00	34,30bc	7,21	15,38bc	4,49
Cle-10%	19,00cde	0,00	35,40bc	8,13	14,20ab	3,04
Swi-0%	15,00ab	1,41	30,68abc	4,91	13,18ab	1,10
Swi-1%	16,00abc	2,83	39,13c	4,56	16,40bc	0,92
Swi-5%	20,00de	0,00	45,40c	3,32	23,78cd	5,83
Swi-10%	20,50de	0,71	47,75cd	2,90	30,31d	2,26

Promedio de 3 evaluaciones.

<sup>1</sup> Valores entre columnas seguidos por letras diferentes, son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan

**CUADRO 5.** Efecto de la concentración de vermicompost sobre la longitud del injerto, N° y tasa de emisión de hojas y relación diámetro del patrón/diámetro del injerto, de la naranja ‘Criolla’ injertada sobre ‘Volkameriana’, ‘Cleopatra’ y citrumelo ‘Swingle’ a los 100 días después del injerto.

Conc. (%)	Longitud (cm)	D.E	N° de hojas	D.E	Tasa de emisión	D.E	Dp/Di	D.E
0	15,46a <sup>1</sup>	4,85	12a	2,61	0,32a	0,16	1,87ab	0,45
1	17,30ab	6,77	15b	3,15	0,40a	0,19	1,94b	0,61
5	17,78ab	5,37	15b	2,75	0,40a	0,13	1,78ab	0,50
10	18,77b	5,84	16b	3,72	0,40a	0,17	1,69a	0,35

Promedio de 27 evaluaciones.

<sup>1</sup> Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

Asimismo, señalaron que los efectos del estiércol sobre las características evaluadas fueron más evidentes en la última evaluación, debido al mayor tiempo para la mineralización de la MO, tornando los nutrientes más disponibles a la planta. Sumado a esto, las plantas fueron injertadas en citrumelo Swingle siendo reconocido que las propiedades fisiológicas de este patrón retardan el desarrollo inicial.

Un mayor sistema radical (longitud), permite a la planta una mejor eficiencia en el aprovechamiento de agua y minerales presentes en el suelo y a su vez las raíces dependen de la copa para proveerse de los metabolitos y demás sustancias que son elaboradas principalmente en las hojas. En este ensayo, se encontró que la mayor longitud de la raíz correspondió al tratamiento Vol-10%, seguido por el Swi-10% y en último lugar la Cle-10%, igual tendencia se observó para el peso fresco, sin

embargo, el peso seco fue mayor en el Swi-10% que en el Vol-10% aún cuando estadísticamente fueron iguales.

En tal sentido, el citrumelo Swingle manejado con aplicaciones de vermicompost, pudiera inducir la formación de una planta de porte bajo, con una buena relación Dp/Di, pero sobre todo con un buen desarrollo radical, lo que le proveerá ventajas al permitirle aprovechar mejor los nutrientes y el agua del suelo.

Contrario a esto Fochesato *et al.* (2005) señaló que plantas de naranja Valencia y mandarina Montenegrina injertadas sobre un trifoliado tuvieron menor acumulación de materia seca que las injertadas sobre el citrage ‘C13’ y limón Cravo, pero lo atribuyeron a la reducción de las actividades metabólicas promovidas por las bajas temperaturas que ocurrieron al final del período de estudio.

**CUADRO 6.** Efecto de la concentración de vermicompost sobre la longitud, peso fresco y peso seco de la raíz.

Conc. (%)	Longitud (cm)	D.E (g)	Peso fresco (g)	D.E	Peso seco	D.E
0	13,50a <sup>1</sup>	1,52	28,03a	12,62	11,13a	4,69
1	16,00b	1,41	33,51a	11,83	13,50a	3,92
5	19,83c	1,83	48,08b	15,06	22,26ab	6,87
10	20,50c	1,87	50,47b	16,18	24,82b	12,85

Promedio de 6 evaluaciones.

<sup>1</sup> Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

## CONCLUSIONES

- Los patrones Volkameriana y Cleopatra, alcanzaron la mayor longitud del injerto y número de hojas; mientras el citrumelo Swingle presentó una mejor relación Dp/Di del injerto.
- El vermicompost a los 100 DDT influyó de manera positiva en el desarrollo de las plantas, encontrándose diferencias significativas para la longitud del injerto, número de hojas y la relación Dp/Di.
- Los mejores resultados en el desarrollo de la parte aérea se obtuvieron con la concentración de 5% y 10%.
- La mayor longitud de la raíz y peso fresco, en los 3 patrones, correspondió a la concentración de 10% de vermicompost.
- El mayor peso seco de la raíz, se encontró en el tratamiento Swi-10%, aunque estadísticamente fue igual al Vol-10%.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avilán R., L. 1993. El Patrón y su Importancia en la Fruticultura. Fonaiap- Ceniap. Maracay. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga>.
- Avilán R., L., C. Velarde y L. Meneses. 1986. Distribución del Sistema Radical de los Patrones de Cítricos Naranja Agrio (*Citrus aurantium* L.) Cleopatra (C. Reshni hort, ex tan) y Volkameriana (C. volkameriana pasq.) *Agronomía Trop.* 36(4-6):97-113 Disponible en: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop>
- Castle, W. and H. Krezdorn. 1977. Soil water use and apparent root efficiencies of citrus trees on four rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (EE.UU.) 102(4):403-406.
- Castle, W. and CH. Youtsey. 1977. Root system characteristics of citrus nursery trees. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* (EE.UU.) 90:3.944.
- Castle, W. S., D. P. H. Tucker, A. H. Krezdorn and C. O. Youtsey. 1993. Rootstocks for Florida. Rootstock selection. The first step to success. Univ. Florida, IFAS. 92 p.
- Castle, W. S., H. K. Wutscher, C. O. Yontsey and R. R. Pelosi. 1988. Citrumelos as rootstocks for Florida citrus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society.* 101:28-33.
- Escobedo A., J. 2003. Conceptos Básicos de Fruticultura. Disponible en: <http://www.sira-arequipa.org.pe/principal/inftecnica/manuales/fruticultura>.
- Fochesato, M. L., P. V. Dutra de S., G. Schäfer e H. Schmatz M. 2005. Produção de mudas cítricas em diferentes porta-enxertos e substratos comerciais. *Ciência Rural.* 36(5):1.397-1.403. Disponible en: [www.scielo.br/scielo](http://www.scielo.br/scielo). [18 de enero de 2007]
- García, L. y O. Tremont. 2004. Caracterización de los Sistemas de Producción del Sector Patiecitos-Macanillas del Municipio Petit del Edo Falcón. Pasantía del Programa de Agronomía. UNEFM.
- Monteverde, E. 1996. Evaluación del Naranja 'Valencia' sobre siete patrones en Valles Altos de Carabobo-Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop.* 46(4):391-393.
- Monteverde, E. E., G. Laborem E., W. Avilán, J. R. Ruiz y M. Rodríguez. 2005. Evaluación del naranja California (Washington Navel) *Citrus sinensis* Obs. sobre diez patrón en los valles altos de Carabobo-Venezuela. 1994-2000 *Agronomía Trop.* 55(2):265-288.
- Quaggio, J. A., D. Mattos Junior, H. Cantarella, E. Sanches Stuchi y O. R. Sempionato. 2004. Laranjas-doce sobre diferentes porta-enxertos adubadas com nitrogênio, fósforo e potássio. *Pesq. agropec. Bras.* 39(1):55-60.
- Reyes, F y J. Ruiz. 1983. Desarrollo en el Vivero de Patrones de Cítricas Tolerantes a tristeza. *Fonaiap Divulga.* Núm 3:1-3.
- Rezende de A., P., T., S. Leonel, M. A. Tecchio y M. M. Mischán. 2005. Formação do pomar de tangerineira 'poncã', em função da adubação química e orgânica. *Rev. Bras. Frutic.* 27(2):288-291.
- Russián, T. 2006. Calidad del fruto en accesiones de naranja 'Criolla' y 'Valencia' en el sector Macanillas-Curimagua, estado Falcón. *Agronomía Trop.* 56(3):415-432.
- Wutscher, H. K. 1989. Alteration of fruit tree nutrition through rootstocks. *HortScience.* 24:578-584.

## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA POBLACIÓN F<sub>2</sub> OBTENIDA DEL CRUCE NATURAL ENTRE UN CULTIVAR ARROZ Y UN ARROZ ROJO (PARTE I)

### MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF A F<sub>2</sub> PROGENIES OBTAINED FROM NATURAL CROSSING BETWEEN RICE VARIETY AND RED RICE (PART I)

Aída Ortiz Domínguez \*, Rubén Miranda\*\*, Rosana Figueroa\* y Catalina Ramis\*

\* Profesoras agregadas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve; figueroar@agr.ucv.ve; cmcramis@yahoo.es. \*\* Ingeniero Agrónomo. SEHIVECA. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve.

#### RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo caracterizar la población F<sub>2</sub> originada del cruce entre una variedad y un arroz rojo (AR), *Oryza sativa* L., para explicar cómo se podrían originar los varietales de arroz maleza (VAM) con el fin de difundir estos resultados a los productores de semilla de arroz. Se utilizó la estadística descriptiva y la prueba de Ji-cuadrado para el carácter altura de planta, fueron evaluadas adicionalmente 8 características morfológicas. Los resultados mostraron que las poblaciones F<sub>2</sub> tuvieron segregación en todas las características evaluadas, destacándose principalmente en la altura de planta hasta la panícula donde se observó un valor mínimo de 35 cm y máximo de 166 cm; número macollos (5-139); hábito de crecimiento abierto (HC), intermedio y erecto. La floración de la F<sub>2</sub> mostró que el 96% de los individuos fueron más precoces que los padres, es decir entre 100-112 días después de la siembra (DDS), 2% tuvo 109-112 DDS y 1,63% entre 100-103 DDS, mientras que el AR tuvo 114 DDS y ZETA 15® 117 DDS. Los individuos con plantas pequeñas, HC intermedio o erecto, similar longitud de la hoja bandera, exorción de la panícula y floración que la variedad, indican que posiblemente se puedan convertir en VAM si se da el proceso de selección por la depuración de campos, confirmando que la ocurrencia de estas formas miméticas del arroz en campos de semilla quizás se deba al flujo de polen entre el arroz cultivado y AR.

**Palabras Clave:** *Oryza sativa* L.; arroz; arroz rojo; F<sub>2</sub>; morfología.

#### SUMMARY

The objective of this study was to characterize the F<sub>2</sub> progeny obtained from crosses between the variety of rice "ZETA 15" and the black glumes red rice (RR) without awn, in order to explain to rice producers how weedy rice variety types (WRVT) may be originated. Descriptive statistics were used and the test of Ji-square for plant height. Eight morphologic characteristics were evaluated. Results showed that F<sub>2</sub> progenies had segregation in all the evaluated characteristics, mainly in plant height up to the panicle where a minimum value of 35 cm and a maximum of 166 cm were observed; tiller number was 5 to 139 and growth habit open, intermediate, and erect. Days to flowering of the F<sub>2</sub> showed that 96% of the individuals flowered earlier than the parents, between 100-112 days after seeding (das), 2% had 109-112 das and 1.63% between 100-103 das, while RR had 114 and ZETA 15® 117 das. The presence of individuals having similar characteristics to the variety, such as small plants, intermediate or erect growth habit, as well as similar flag leaf length, panicle exertion and days to flowering, indicates the possibility that they may convert into WRVT if the process of selection by the purification of fields occurs, confirming that the occurrence of these mimetic forms of rice in seed fields perhaps is because of the flow of pollen between cultivated rice and red rice.

**Keys Words:** *Oryza sativa* L.; Rice; Red rice; F<sub>2</sub>; morphology.

## INTRODUCCIÓN

El arroz maleza (AM) es definido como un arroz, *Oryza sativa* L., no deseado por los humanos en el cual la mayoría de sus semillas no son recogidas durante la cosecha del cultivo y está específicamente adaptado al hábitat perturbado por el hombre. El arroz maleza afecta tanto el rendimiento en paddy como la calidad de los granos de las variedades cultivadas. La evolución del arroz rojo (AR) ha sido común a la del arroz cultivado y silvestre, pero la variación ha estado en la contribución relativa de la presión de selección humana o natural en los diferentes componentes del complejo del arroz (Vaughan *et al.*, 2005).

La hibridación e introgresión podrían derivar nuevos ecotipos de AM no detectables en el campo que podrían diseminarse, por ejemplo, el caso del arrozón en Costa Rica que por años fue fácil distinguirlo del arroz por su mayor altura y color de las hojas verde pálido, actualmente los productores de arroz se quejan de que el arrozón se ha mimetizado con el arroz cultivado, es decir, tiene similar altura y madura simultáneamente con el cultivo (Valverde, 2005).

En condiciones de campo en Louisiana se encontró que la tasa de hibridación entre una línea no transgénica de color púrpura y el arroz rojo fue <1%, sin embargo, entre una línea transgénica resistente al herbicida glufosinato de amonio y el AR fue <0,30%. Así mismo se encontró que los híbridos de AR comparados con las líneas de arroz evaluadas fueron extremadamente tardíos, altos y nunca produjeron semillas en la estación normal del arroz cultivado. Cuando se hizo un análisis genético de la F<sub>2</sub> de estos híbridos de AR se evidenció que hubo una segregación Mendeliana como la mostrada por un solo y dominante gen. La presencia del gen Bar en los híbridos de AR no aumentaron su adaptación (fitness) o fecundidad de los híbridos o subsecuentes progenies (Zhang *et al.*, 2003).

Así mismo, se ha confirmado el flujo del gen que confiere la resistencia a los herbicidas imidazolinonas desde la variedad de arroz Clearfield CL-161 al AR de glumas pajizas en Arkansas, EE.UU. En este gen transferido a la maleza se detectaron 4 mutaciones al compararlo con el gen que codifica la enzima acetolactato sintetasa (ALS) en las variedades de arroz susceptibles (Bengal y Cypress), un punto de mutación, resultó una sustitución de Ser653 con Asn, ya se conocía en la línea Kinmaze (japonesa) proveniente de cultivo de tejido, las otras tres mutaciones (Ser186-Pro, Lys416-Glu; y Leu662-Pro) son nuevas (Rajguru *et al.*, 2005).

En un estudio de hibridación entre arroz cultivado y AM se encontró que los híbridos generalmente mostraron mayor altura y hojas banderas que sus padres. El macollamiento fue superior en el híbrido que el AR, pero, no así con las variedades de arroz. Así mismo, se encontró una tasa de hibridación de 1% en líneas tempranas de arroz hasta 52% en cultivares tardíos como Nortai (Langevin *et al.*, 1990).

En este trabajo de investigación se planteó como objetivo evaluar algunas características morfológicas de la progenie (F<sub>2</sub>) del cruce entre la variedad ZETA 15 y el AR de glumas negras sin arista.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció con la progenie F<sub>2</sub> proveniente de las semillas F<sub>1</sub> cosechadas en el ensayo de Davaus y Zamora (2005), que a su vez usó las diásporas que se originaron del cruzamiento natural entre la variedad ZETA 15 (madre) y el AR de glumas de color negra sin arista (padre, recolectado en la Finca Tierra Rica en el estado Cojedes), que fue establecido en el trabajo de grado de Torres (2003).

Los tratamientos control se establecieron con los padres del cruce, para ello se utilizó semilla genética de la variedad ZETA 15 suministrada por la empresa SERTES, S. A (Maracay, Aragua) y AR de glumas negras sin arista proveniente del ensayo de Torres (2003).

Se seleccionaron 20 panículas de la progenie (F<sub>2</sub>) del cruce natural del ensayo de Davaus y Zamora (2005), las cuales se desgranaron y contaron; posteriormente fueron sembradas en un semillero, separadas a 15 cm entre hileras (Cuadro 1). Así mismo, se sembraron 130 semillas de cada progenitor (ZETA 15 y el AR).

El transplante en los tanques (melgas), constituidos por 5 X 5 m de largo y ancho respectivamente, se realizó a los 25 días después de la siembra en el semillero. La distancia entre hileras utilizada en el ensayo fue de 30 cm y entre plantas 15 cm.

El ensayo se estableció en el campo experimental de la Universidad Central de Venezuela, del Instituto de Agronomía de la Facultad de Agronomía localizado en el municipio Girardot en Maracay, estado Aragua, con una latitud de 10° 11" N y una longitud de 67° 30" O, altura de 442 m.s.n.m., precipitación media anual de 953 mm y una temperatura media anual de 24 °C.

**CUADRO 1.** Número de semillas sembradas y plántulas evaluadas por cada panícula seleccionada (tratamientos).

Panícula	Nº semillas	Nº plantas Transplantadas	Panícula	Nº semillas sembradas	Nº plantas Transplantadas
1	30	12	11	36	11
2	50	13	12	52	50
3	54	39	13	37	35
4	55	38	14	40	14
5	45	43	15	43	43
6	33	11	16	19	12
7	22	11	17	21	23
8	52	14	18	48	26
9	45	42	19	52	30
10	53	40	20	47	30
<b>Total de muestras</b>				<b>834</b>	<b>537</b>

El suelo utilizado pertenece a la serie Maracay, Fluventic Haplustolf, Francosa gruesa isohipertermica, donde la textura del terreno es franca, con bajo contenido de materia orgánica (1,32%) y altos contenidos de fósforo y calcio, bajo potasio; pH 7,2 y una conductividad eléctrica de 0,200 (ds/m).

Se determinaron las siguientes variables por planta:

**Altura de planta hasta la panícula (APP):** se midió en centímetros desde la base de la planta hasta el ápice de la panícula más larga, antes de la cosecha.

**Número de macollos planta<sup>-1</sup> (NMP):** fue contabilizado el número de hijos en la base de cada una de las plantas sembradas.

**Número de hojas en el tallo principal (NHTP):** se contaron las hojas que habían en el tallo principal.

**Longitud de la hoja bandera (LHB):** fue evaluada en centímetros sobre la hoja bandera del tallo más alto de la planta, midiendo desde el ápice hasta el punto de unión de la lámina con la vaina a cada una de las plantas sembradas.

**Ancho de hoja bandera (AHB):** es la distancia en centímetros medida de borde a borde en la parte más ancha de la lámina de la hoja bandera del tallo más alto de cada planta.

**Días a floración (50%; DF):** los días de floración se refieren al número de días transcurridos desde el

momento de la siembra hasta que aparecieron en las primeras anteras en el 50% de las panículas de cada planta de la población.

**Hábito de crecimiento (HC):** fue evaluado en el momento de la cosecha según el descriptor de variedades del CIAT (Muñoz *et al.*, 1993).

**Exerción de la panícula (ExsP):** se evaluó teniendo en cuenta la posición del nudo ciliar con respecto a la vaina de la hoja bandera, clasificándose en bien emergido, moderadamente emergido, emergido, parcialmente emergido e incluido.

#### Análisis estadísticos

Se utilizó la estadística descriptiva, para todas las variables involucradas en este estudio utilizando la hoja de Excel (Microsoft). Fue realizada la prueba de Ji-cuadrado en la variable altura de planta hasta la panícula.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de planta hasta la panícula (APP)

La APP de las progenies  $F_2$  tuvieron 39,02% coincidencia con la estatura el padre (AR) rojo; 28,67 % con la madre; 27,4% fueron más alto que el padre (AR) y 4,9% más bajo que ZETA 15®. La planta  $F_2$  más alta que se observó midió 165 cm y la más baja 35 cm (Figura 1a y 2).

En la misma Figura 1a, se observa un punto de inflexión en el rango de 95-105, formando de esta manera 2 grupos, uno de 382 individuos que midieron más de 100 cm y otro de 169 que midieron menos de 100 cm. A través de la prueba de  $X^2$  (Cuadro 2) para esta variable se demostró que el  $X^2$  calculado es menor que el  $X^2$  tabulado, de esta forma se acepta la hipótesis de que la segregación fue  $3/4 : 1/4$  y encontrándose la presencia de un gen mayor con dos alelos, que controla el carácter de altura hasta la panícula.

Torres (2003), encontró que el padre de este estudio (AR de glumas de color negro sin arista procedente de Cojedes) mostró una APP entre 108,50 a 126,53 cm y la madre (ZETA 15®) desde 93,15 cm hasta 97,14 cm.

Davaus y Zamora (2005), encontraron que la  $F_1$  del cruce entre la variedad ZETA 15 y el AR de glumas de color negro sin arista provenientes del experimento de Torres (2003), tuvo una APP promedio de 89,18 cm mientras que la línea usada como madre (ZETA 15) mostró 74,3 cm; es decir el híbrido fue más alto que la variedad. Esta  $F_1$  fue la que originó la población  $F_2$  de este estudio.

Torrealba (2001); encontró que el AR de glumas marrón recolectados en la Finca Tierra Rica en Cojedes, fue más alto que las variedades de arroz Cimarrón y FONAIAP 1. Así mismo, Ortiz Domínguez *et al.* (2002), también evidenciaron que 5 AR, 2 negros aristado, 1 pajizo aristado; 1 dorado y 1 pajizo sin arista, procedentes de fincas de producción de granos en los estados Guárico, Portuguesa, Barinas y Cojedes, fueron más altos que las variedades Cimarrón, FONAIAP, Araure 1, Araure 4 y ZETA 15®.

**CUADRO 2.** Prueba de  $X^2$  realizada para altura de planta.

Prueba de Ji cuadrado			
	Datos observados (O)	Valores esperados (E)	$X^2 = \frac{(o-e)^2}{e} E^{-1}$
AA+Aa	382	(3/4) 413,25	1,77
Aa	169	(1/4) 137,75	1,8
	551	551	$X^2 C=3,57$

$X^2_{(n-1)}$  = con grados de libertad = 3,84

Sin embargo, Ortiz Domínguez (2005), encontró en lotes de semilla certificada de arroz ciclo 2004, que el 58% de los AR tuvieron similar APP que los cultivares Cimarrón, ZETA 15, Fedearroz 50, FONAIAP 1 y D-Sativa, mientras que el 6% de ellos fueron más altos y 36% más pequeño que las variedades, evidenciándose que la mayoría de los AR evaluados en estos lotes de semillas posiblemente evolucionaron a formas miméticas (varietales) que se confunden con los cultivares de arroz quizás para alcanzar el éxito ecológico y evitar su salida del campo con la práctica de depuración, así como permanecer por muchos años en el banco de semillas de malezas del suelo.

En sus trabajos, Castillo (2006) evaluó los varietales de arroz maleza (VAM) provenientes de lotes de semillas certificadas de D-Sativa y Fedearroz 50, encontrando que la planta más pequeña de los VAM en D-Sativa tuvo una APP de 80,54 cm y la más alta de 105,02 cm, siendo el valor de este cultivar de 90,05 cm, mientras que mayores diferencias se observaron en Fedearroz 50 (111,96 cm) en el cual se encontró un VAM más pequeño y otro más alto de 89,21 y 165,05 cm, respectivamente.

En una investigación que realizaron para evaluar las progenies  $F_1$  y  $F_2$  del cruce de una variedad transgénica con 2 arroces, AR pajizo y negro, Noldin *et al.* (2004), evidenciaron que los AR mostraron mayor APP en 163,3 y 163,9 cm, respectivamente, mientras que la variedad transgénica tuvo menor altura (97,6 cm); las progenies  $F_2$  mostraron una altura intermedia entre los padres con mayor tendencia hacia los AR.

La segregación observada para la APP en la  $F_2$  de este estudio quizás explique como se han formado los VAM en campos de multiplicación de semilla, éstos pudieran haber sido originados por flujo de genes entre las variedades y el AR, que posteriormente debido a la presión de selección ejercida por la depuración se han seleccionado los más parecidos en APP a los cultivares.

### Número de macollos por planta (NMP)

El NMP no mostró una diferencia tan marcada entre la variedad y el AR como el visto en la APP, sin embargo, el AR produjo más macollos que la variedad bajo estas condiciones de transplante y sin competencia. Se encontraron valores mínimo y máximo en la  $F_2$  de 5 y 139 MP, observándose en la segregación que el 4,90% de individuos presentaron menos de 10 macollos y 0,72% por encima de 100 y 37% se ubicaron en el rango de los padres (Figura 1b).

A través de sus investigaciones Davaus y Zamora (2005), señalaron que la  $F_1$  del cruce entre ZETA 15 y el AR negro sin arista tuvo menos NMP que la variedad madre (4,79 y 6,75 macollos planta<sup>-1</sup>, respectivamente).

En EE.UU., Langevin *et al.* (1990), también observaron un menor NMP en la  $F_1$  del cruce entre una variedad de arroz y un AR (13,07 macollos planta<sup>-1</sup>), mientras que la variedad tuvo 22,0 macollos planta<sup>-1</sup>. A pesar de que los híbridos tuvieron menos macollos, éstos fueron más robustos que los de las variedades.

En Brasil, Noldin *et al.* (2004), encontraron que las dos  $F_2$  de un cruce entre una variedad transgénica (madre) con resistencia a glufosinato de amonio con dos padres de AR (de glumas pajizas y negras), tuvieron más NMP que la variedad madre (6,8 macollos planta<sup>-1</sup>) y menos que los padres AR (11,8 y 11,0 macollos planta<sup>-1</sup>, respectivamente).

Muchos autores extranjeros, como Reyes (2005) y Silveira *et al.* (1997) observaron que el AR presenta mayor NMP que las variedades, sin embargo, en el país (Ortiz *et al.*, 1999; Peña, 1999; Gómez, 2002; Torres, 2003), han encontrado que el NMP es similar en el AR y las variedades de arroz sembradas en el país. También en la producción de semilla de arroz se han encontrado similitud entre el NMP en las variedades y VAM Castillo (2006), Ortiz (2005).

#### Número de hojas del tallo principal (NHTP)

La  $F_2$  mostró su mayor frecuencia del NHTP similar a sus padres (3 y 4 hojas), sin embargo, también presentó 11,25% y 0,36% con 5 y 6 hojas, respectivamente (Figura 1c). De manera semejante a las variables anteriormente descritas, en el NHTP se encontró una segregación de 89,39% 3-4 hojas y 11,61 de 5- 6 hojas; es decir las plantas evaluadas mostraron valores similares a los alcanzados por los padres, pero, también otro pequeño porcentaje de plantas por encima de éstos.

#### Longitud de la hoja bandera (LHB)

Las progenies  $F_2$  tuvieron mayor frecuencia en la clase 30-40 cm donde se ubicó la madre (35%) que en la de 30-40 cm donde se colocó el padre (13,25%), sin embargo, en la categoría 20-30 cm se encontró el 43,38% de los individuos. Así mismo, se observa que el valor mínimo y máximo de la LHB en la  $F_2$  fue 14 y 70 cm, respectivamente, con una media de 31,54 cm, teniendo

clases por encima y debajo de la encontradas en la maleza y variedad, mostrando así una segregación en este atributo (Figura 1d).

Por su parte, Davaus y Zamora (2005) señalaron que la LHB en la  $F_1$  fue superior (34,65 cm) a la ZETA 15@ (27,43 cm), mostrando una dominancia hacia la LH de la maleza.

De sus trabajos, Ortiz Domínguez (2005) determinó que el 65% de los AR encontrados en lotes de semilla de arroz tuvieron una LH similar a las variedades de arroz sembradas en el país, lo cual considera otro de los atributos que la maleza ha modificado para mimetizarse con el cultivo.

Castillo (2006), observó que los varietales de D-Sativa no mostraron diferencias en la LH con respecto a la variedad y sus valores estuvieron entre 26,14 y 31,07 cm; mientras que los VAM de Fedearroz 50 presentaron diferencias entre ellos y con la variedad, encontrándose los valores entre 28,92 y 45,37 y la variedad con 37,71 cm.

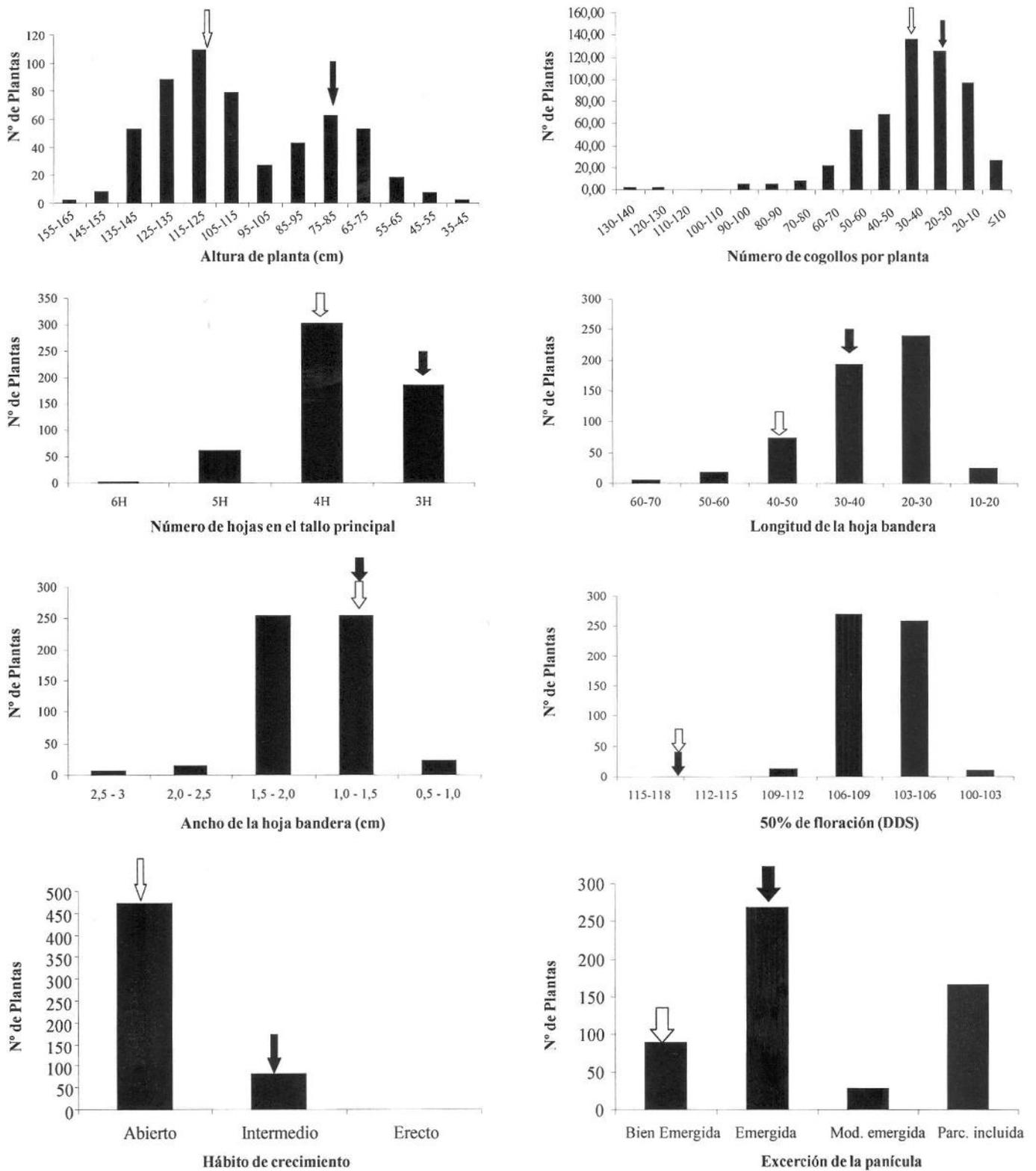
El tamaño de la hoja bandera también es un atributo que utiliza la maleza para mimetizarse con las variedades de arroz, en esta investigación se encontró un gran porcentaje con LHB similar a ZETA 15 lo que indica una fuente de selección al momento de las depuraciones de campos de semilla.

#### Ancho de la hoja Bandera (AHB)

La  $F_2$  mostró que el 92% de los individuos mostró un AHB que se ubicaron entre las clases de 1-1,5 cm y 1,5-2,0 cm, donde en la primera categoría comparte con ambos padres (Figura 1e). Se observó también una segregación de 8% de los individuos expresaron AHB por encima y por debajo de los rangos observados en la mayoría, esto significa que a pesar de que esta variable fue similar en ambos padres la descendencia  $F_2$  mostró algunos individuos diferentes.

Davaus y Zamora (2005), encontraron que el AHB de ZETA 15 fue menor (1,05 cm) que la  $F_1$  del cruce (1,6 cm).

Sin embargo, en un estudio realizado por Ortiz Domínguez (2005), se observó que el 54% de los AR procedente de lotes de semillas tuvieron un AHB entre 1,13 a 1,57 cm, similar al encontrado en las variedades de arroz, el 33 % AR tuvo el AHB menor a las variedades de arroz y el 13 % AR mayor, lo que muestra un amplia variabilidad en el AHB.



**FIGURA 1.** Distribución fenotípica de rasgos morfológicos de la F<sub>2</sub> derivada del cruce entre la variedad de arroz ZETA 15 y el arroz rojo de glumas negras sin arista. La flecha rellena indica la media de la variedad y la vacía la del arroz rojo.

Castillo (2006), determinó que los VAM de D-Sativa mostraron entre 1,10 a 2,92 cm de AHB los cuales no mostraron diferencias con respecto a su variedad, mientras que en Fedearroz 50 se observaron diferencias estadísticas y el mínimo valor fue 1,33 cm y el máximo 1,65 cm.

### Días a Floración (DF)

El 96% de la  $F_2$  alcanzaron la floración a los 103-109 DDS, de manera más precoz que los padres, ZETA 15 mostró NDF a los 117 DDS y el AR a los 114 DDS. Estos resultados son interesantes, ya que, no se encontró solapamiento entre los padres y sus progenies y si ocurriera así en campos de producción de semillas sería fácil eliminarlos fuera de tipo por su floración precoz.

En Colombia, Vásquez *et al.* (2005) encontraron que algunas de las variedades comerciales estudiadas presentaron solapamiento en los DF con los AR.

Los resultados sobre los DF sugieren la posibilidad de hibridaciones naturales entre las variedades Araure 1 y Araure 4 con el AR Barinas (glumas de color dorada aristado) según lo estudiado por Ortiz Domínguez *et al.* (1999); mientras que los AR Portuguesa 2 (glumas negras aristada) y Cojedes (pajizo sin arista) lo podrían hacer con ZETA 15 y los AR Portuguesa 1 (pajizo aristado) y Calabozo (negro aristado) con Cimarrón.

El 47% de los AR procedente de lotes de semilla mostraron similar floración que las variedades de arroz (87-98,33 DDS); 40% fueron más tardías que las variedades y 13% más precoz, según Ortiz Domínguez (2005). También argumentó que la coincidencia de la floración de los AR con las variedades trae como consecuencia mayor porcentaje de flujo de genes entre estos genotipos que amplían la variabilidad genética ya existente en el banco de semilla de malezas del suelo y complica el control de los mismos.

En sus trabajos, Castillo (2006), encontró que los DF en la D-Sativa y DS6 fueron los más precoces con 85,93 DDS, los otros VAM mostraron un valor mínimo y máximo de 87,00 y 105,67 DDS, respectivamente. Fedearroz 50 y FD-6 y FD-10 mostraron similar floración (103 DDS), pero sus otros VAM estuvieron en el orden entre 86,7 a 104,33 DDS.

### Hábito de crecimiento (HC)

El 85% de la  $F_2$  mostró un HC abierto parecido al del AR y 14,36% similar a la variedad y 0,18% erecto (Figura 1e y 2). Estos resultados muestran que hubo individuos con el HC parecido a la variedad lo cual le da la posibilidad para que durante las depuraciones que se realizan en campos de semilla se dejen aquellos individuos que tengan una APP, hoja bandera y HC similar a las variedades de arroz en producción, esto indica que estos atributos son muy importantes al momento de la selección para producir formas miméticas del arroz.



**FIGURA 2.** Morfología de las plantas  $F_2$  del cruce natural de la variedad ZETA 15 con el arroz rojo negro sin arista. (a) Diferencias de la altura de planta y hábito de crecimiento. (b) Esterilidad mostrada en algunas panículas. (c) Diversidad de tipos de planta. (d) Panículas con hojas banderas largas e intermedias.

Cinco AR recolectados en campos de granos evaluados en su estudio mostraron hábito de crecimiento abierto e intermedio, mientras que las variedades lo tuvieron erecto con excepción de ZETA 15 que lo tuvo intermedio Ortiz Domínguez *et al.* (2002).

Por su lado, Davaus y Zamora (2005) encontraron que el HC de la variedad ZETA 15 fue intermedio y el híbrido abierto. La F<sub>1</sub> tuvo hábito abierto igual que el mostrado por el AR padre de este estudio, lo que podría indicar que esta característica es dominante.

En Arkansas se encontró una F<sub>1</sub> producto del cruce de una variedad resistente a herbicidas imidazolinonas con un AR, el híbrido presentó una APP mayor y HC erecto, además agrega que la F<sub>2</sub> de este cruce pudiera mostrar individuos con diferentes HC, floración, desgrane, APP Burgos (2004).

### Excerción de la Panícula (ExcP)

La F<sub>2</sub> mostró una ExcP variable, con una mayor frecuencia (48,77%) en la clase emergida compartiendo esta categoría con la variedad ZETA 15; 16,32% bien emergida esta vez agrupada con el AR; 30% parcialmente incluida y 4,91% moderadamente emergida. Estos resultados indican que hubo una tendencia dominante hacia la excerción emergida parecida a la mostrada por la variedad, contribuyendo esta característica conjuntamente con las descritas anteriormente a que la maleza se mimetice con el arroz cultivado.

La variedad D-Sativa y sus varietales desde DS7 a la DS18 expresaron una ExcP emergida, de DS4 al DS6 bien emergida y DS1 a DS3 medianamente emergida. La ExcP de la variedad Fedearroz 50 y sus VAM FD1, FD4 y FD14 fueron bien emergida, siendo FD6, FD7, FD8, FD9 y FD10 medianamente emergida y por último FD2, FD3, FD5, FD11, FD12 y FD13 mostraron excerción emergida, respectivamente (Castillo 2006).

## CONCLUSIONES

- La APP en la población F<sub>2</sub>, mostró segregación 3:1, esto demuestra la segregación monogénica o la presencia de un gen mayor que condiciona la dominancia de la APP del AR.
- La floración media de la población de la F<sub>2</sub> fue más precoz que la observada en los progenitores padres, esto representa una ventaja para el cultivo del arroz, ya que, permitiría erradicar estos genotipos del campo antes de alcance la antesis y así evitar sus posibles recombinaciones con las variedades de arroz y hacer más complejo el problema de los VAM.

- Los resultados reflejan que los individuos evaluados en la población F<sub>2</sub> que presentan baja APP, hábito de crecimiento intermedio, LHB similares a la variedad pudieran explicar el origen de posibles VAM en la producción de semillas y granos de arroz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Burgos, N. 2004. Clearfield/red rice out-cross confirmed in Arkansas field. [Documento en línea] Disponible: [http://deltafarmpress.com/mag/farming\\_clearfieldred\\_rice\\_outcross/index.html](http://deltafarmpress.com/mag/farming_clearfieldred_rice_outcross/index.html). [Consulta: abril 22, 2006].
- Castillo, J. 2006. Evaluación de la contaminación con arroz rojo en la producción de semillas y granos de arroz en el estado Portuguesa. Trabajo de Grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 108 p.
- Davaus, Y. y J. Zamora. 2005. Evaluación de la hibridación natural entre la variedad de arroz ZETA 15 y el arroz rojo negro sin arista. Trabajo de Grado. Aragua, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 75 p.
- Langevin, S., K. Clay and J. Grace. 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.). *Evolution* 44:1 000-1 008.
- Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de las especies del complejo de malezas arroz rojo de las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Tesis de Grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 105 p.
- Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández, J., 1993. Descriptores varietales: Arroz, Fríjol, Maíz, Sorgo. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 174 p.
- Noldin, J., S. Yokoyama, H. Stuker, F. Rampelotti, M. Gonçalves, D. Eberhardt, A. Abreu, P. Antunes e J. Vieira. 2004. Desempenho de populações híbridas F<sub>2</sub> de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate Planta daninha 22(3) Viçosa July. Disponible: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-835820040003000008&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-835820040003000008&script=sci_arttext&tlng=pt) [Consulta: 2006, noviembre 22].

- Ortiz Domínguez, A. 2005. Caracterización morfofisiológica de genotipos de arroz rojo provenientes del programa de certificación de semilla de arroz en el estado Portuguesa año 2004. Trabajo Especial. Doctorado de Ciencias Agrícolas. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Ortiz Domínguez, A., López L. y Lizaso J. 1999. Desarrollo y caracterización morfológica de ecotipos de arroz rojo y cultivares de arroz en Venezuela. *Agronomía Trop.* 49(1):51-67.
- Ortiz Domínguez, A., I. López, J. Lizaso y J. Lazo. 2002. Caracterización de poblaciones de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. *Agronomía Trop.* 52(1):23-44.
- Peña, J. 1999. Caracterización morfológica y taxonómica de las especies involucradas en el complejo de malezas denominado arroz rojo (*Oryza*- poaceae) de las zonas arroceras de venezolanas. Tesis de Grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 88 p.
- Rajguru, S., N. Burgos and V. Shivrain. 2005. Mutations in the red rice ALS gene associated with resistance to imazethapyr. *Weed Science.* 53:567-577.
- Reyes, N. 2005. CONTROL "ARROZ ROJO". [Documento en línea] disponible:<http://www.sag.gob.hn/dicta/pdf/panfleto%20arroz%20rojo%201.pdf>. [Consultado 2005, Marzo 1].
- Silveira, C., V. Menezes, A. Andres, P. Silva y N. Fleck. 1997. XXII Reuniao da cultura do arroz irrigado. *Anais. Epagri-IRGA-Embrapa/CPACT.* p. 431-434.
- Torrealba, D. 2001. Efecto de la interferencia del arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en el cultivo de las variedades cimarrón y Fonaiap 1. Trabajo de Grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay 40.
- Torres, S. 2003. Efecto de densidades de población de arroz rojo (*Oryza Sativa* L.) sobre el rendimiento Y calidad molinera de la variedad de arroz ZETA 15. Tesis de Grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 65 p.
- Valverde, B. 2005. The Damage By Weedy Rice -Can Feral Rice Remain Undetected. **In:** Crop Fertility and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 279-294 p.
- Vaughan, D., P. Sanchez, J. Uskini, A. Kaga and N. Tomooka. 2005. Asian Rice and Weedy Rice- Evolutionary Perspectives. **In:** Crop Fertility and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 257-277 p.
- Vásquez, J., P. Ruiz, E. Corredor, E. González, L. Fory, A. Mora, J. Silva, M. Duque y Z. Lentini. 2005. Caracterización Morfológica y Fenológica del Arroz Rojo Colectado en Huila y Tolima. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). [Documento en línea]. Disponible:[http://www.ciat.cgiar.org/biotechnology/pdf/poster\\_egonzalez\\_morfologi\\_celinana.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/biotechnology/pdf/poster_egonzalez_morfologi_celinana.pdf) [consulta: 2005-diciembre 08]
- Zhang, N., S. Linscombe and J. Oard. 2003. Outcrossing frequency and genetic analysis of hybrids between transgenic glufosinate herbicide-resistant rice and the weed, red rice. *Euphytica* 130: 35-45

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA SEMILLA Y PRODUCTIVIDAD  
EN UNA POBLACIÓN F<sub>2</sub> OBTENIDA DEL CRUCE NATURAL  
ENTRE UN CULTIVAR ARROZ Y UN ARROZ ROJO (PARTE II)**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS AND PRODUCTIVITY  
OF A F<sub>2</sub> PROGENIES OBTAINED FROM NATURAL CROSSING BETWEEN  
RICE VARIETY AND RED RICE (PART II)**

**Aída Ortiz Domínguez \*, Rubén Miranda\*\*, Rosana Figueroa\* y Catalina Ramis\***

\* Profesoras agregadas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve; figueroar@agr.ucv.ve; cmcramis@yahoo.es. \*\* Ingeniero Agrónomo. SEHIVECA. Correo electrónico: ortiza@agr.ucv.ve.

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características de la población F<sub>2</sub> del cruce entre una variedad de arroz (ZETA 15) y un arroz rojo (AR). Se utilizó la estadística descriptiva para analizar los datos y la prueba de Ji-cuadrado para % de fertilidad. Se evaluaron 10 atributos relacionados con la productividad y morfología de las semillas. Los resultados indicaron que la F<sub>2</sub> mostró segregación en todas las características, destacándose principalmente en valores mínimos, máximos y la media en los atributos siguientes: 3; 166 y 40,56 panículas por planta; 0; 177,50 y 49,68 granos por panículas; 0; 4,64 y 1,17 g pan<sup>-1</sup>; 0; 98,38 y 55,46% de fertilidad de la panícula; 0; 79,78 y 17,51% desgrane; 12,85; 35,05 y 24,02 cm longitud de panícula; 6,31; 10,39 y 6,31 mm largo de los granos paddy; 2,01; 7,58 y 2,64 mm ancho de los granos paddy; 1,43; 2,68 y 1,84 mm espesor de los granos paddy; 2,54; 4,71 y 3,60 de relación largo ancho<sup>-1</sup>; además presentó 62,12% de granos con glumas de color negro y 37,88% pajizo; 60,80% pericarpio rojo y 39,20% beige; y 96,56% no mostraron arista y 3,41% tuvieron arista corta en mayor cantidad en los de glumas de color negro. Los fenotipos que mostraron semillas largas, glumas de color pajizo sin arista, aunado a las plantas pequeñas y hábito de crecimiento erecto (datos mostrados en otra publicación), indican que ellos pudieran evolucionar hasta convertirse en varietales de arroz maleza en campos de semilla.

**Palabras Clave:** *Oryza sativa* L.; Arroz rojo; F<sub>2</sub>; productividad; morfología; semillas.

**SUMMARY**

The objective of this research was to evaluate certain characteristics of F<sub>2</sub> progenies obtained by crossing a rice variety with red rice. Descriptive statistics were used to analyze the data and the test of Ji-square for % of fertility. Ten attributes related to productivity and morphology of seeds were evaluated. Results indicated that the F<sub>2</sub> showed segregation for all characteristics, mainly in minimum, maximum and average values for the following attributes: 3; 166 and 40.56 panicles per plant; 0; 177.50 and 49.68 grains per panicle; 0; 4.64 and 1.17 for panicle weight (g); 0; 98.38 and 55.46% for fertility of panicle; 0; 79.78 and 17.51% panicle shattering; 12.85; 35.05 and 24.02 cm of panicle length ; 6.31; 10.39 and 6.31 mm of paddy grains length; 2.01; 7.58 and 2.64 mm of paddy grains width; 1.43; 2.68 and 1.84 mm of paddy grains thickness; 2.54; 4.71 and 3.60 of grain length width relation. In addition they presented 62.12% of grains with glumes of black color and 37.88% straw color; 60.80% displayed red pericarp and 39.20% beige; and 96.56% did not show awn and 3.41% had short awn in greater amount in those of glumes of black color. The presence of phenotypes with long seeds, glumes of straw color without awn, combined with small plants and an erect growth habit (data shown in another publication) indicates that they could evolve into weedy rice-variety types (WRVT) in rice seed fields.

**Keys Words:** *Oryza sativa* L.; red rice; F<sub>2</sub>; productivity; morphology; seeds.

## INTRODUCCIÓN

El 67% de la semilla de arroz, *Oryza sativa* L., certificada en el 2005, en el estado más productor de Venezuela (Portuguesa), estuvo contaminada con arroz rojo (AR) en el 2005 (Machado, 2006), cifra que revela que la principal diseminación del arroz maleza (AM) en el país se hace a través de la misma semilla que se vende a los agricultores y que la mayoría de los campos utilizados para multiplicar semillas poseen un banco de semillas de AM en el suelo.

En el mundo existen cuatro grandes grupos de AM: (A) Indica o (B) japónica plantas que han crecido donde no existe arroz silvestre, se pueden encontrar en zonas altas como Buthan o en campos de arroz en Uruguay. (C) Indica o (D) japónica plantas con características semejantes al arroz silvestre tales como alto desgrane y latencia de sus semillas. Ocurre en lugares donde están o han estado especies silvestres de arroz (Vaughan *et al.*, 2005). En Venezuela se cree que la mayoría del AM son del grupo C, tipo índica, también se ha señalado la presencia de las especies silvestres *O. rufipogon* americana o *O. Glumaepatula* y *O. latifolia* en el hábitat del arroz cultivado (Peña y Ortiz Domínguez, 2001; Vaughan y Tomooka, 1999)

La hibridación interespecífica se usa en mejoramiento del cultivo de arroz para incorporar atributos deseados que no están presentes en la especie *O. sativa*, sin embargo, también se transmiten caracteres indeseados. En sus estudios, Septiningsih *et al.* (2003) evaluaron 2085 retrocruzas BC2F2 de un cruce entre la línea IR-64 con una accesión de *O. rufipogon* (IRGC 105491), se observó que algunas características asociadas a la calidad de granos arroz mostraron una distribución normal (amilosa, consistencia del gel, % granos enteros, % granos partidos y % granos yesosos entre otras), mientras que el porcentaje de arroz con pericarpio rojo no siguió este patrón, sino, que mostró una distribución asimétrica, ubicándose la mayoría en las categorías 0 y 11,2% de AR, evidenciándose que hubo una tendencia en la población a parecerse a la variedad (padre recurrente), sin embargo, *O. rufipogon* posee indeseables atributos de calidad de los granos, solamente el de contenido de amilosa pudiera ser utilizado dependiendo del consumidor.

Diferentes estudios sobre el AM se han realizado en América latina, entre ellos se encuentra un estudio acerca de 20 características morfológicas del AM en Colombia donde se encontró que el 50% de los AM de 148 accesiones evaluados fueron agrupados con las variedades de arroz (llamado varietales), 37% intermedios entre los

varietales y arroces silvestres, los cuales presentaron aristas, pero, la mayoría tuvieron las glumas y el apículo de color pajizo y 13% estuvieron asociados con las especies silvestres (*O. rufipogon*, *O. Glumaepatula*, *O. barthii* y *O. glaberrima*) la mayoría con glumas de color negro y marrón (Lentini *et al.*, 2005).

En este mismo trabajo se evaluó el perfil genético utilizando 50 marcadores microsatélites (4 por cromosoma) y se compararon con 9 variedades índicas, híbridos entre AM y variedades, y 4 especies silvestres de arroz del genoma AA (*O. rufipogon*, *O. Glumaepatula*, *O. barthii* y *O. glaberrima*). Los resultados reflejaron un alto grado de polimorfismos y específicos microsatélites para genotipos que permitieron distinguir a los híbridos, variedades y especies silvestres, determinación de la diversidad del AM y la asociación con los rasgos morfológicos tales como las características de las semillas. El 87% de las accesiones de AR fueron homocigotos y el 13% fueron heterocigotos para cada microsatélite. El número de heterocigotos observados indican que hubo polinización cruzada.

En Venezuela, se ha observado que el AM procedente de lotes de semilla certificada muestran que 60,42% de las accesiones tuvieron característica mixtas entre el AM y las variedades de arroz, es decir, que pudieran estar evolucionando hacia formas miméticas de las variedades; 31,25% exhibieron una morfología similar a las variedades de arroz, indicando que son varietales de AM y tan sólo 8,33% tuvieron características contrastantes con las variedades de arroz sembradas en el país (Ortiz Domínguez, 2005).

En este trabajo se planteó como objetivo evaluar algunos atributos relacionados con la productividad de la planta y morfología de las semillas de la población (F<sub>2</sub>) del cruce entre la variedad ZETA 15® y el AR de glumas negras sin arista.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron las plantas provenientes de 20 panículas de la F<sub>2</sub> de un cruce natural entre la variedad ZETA 15 usado como progenitor femenino y el AR de glumas negras sin arista como progenitor masculino. En una investigación conducida por Torres (2003), se produjo el flujo de polen desde el AR hacia la variedad de arroz, posteriormente, Davaus y Zamora (2005), detectaron y evaluaron la F<sub>1</sub> en un ensayo conducido en condiciones de campo en la Finca Maringá, municipio Anzoátegui, estado Cojedes, recolectando las panículas que se evaluaron en este estudio.

En esta investigación se evaluaron la  $F_2$  cosechada por Davaus y Zamora (2005) más se introdujeron los tratamientos control correspondientes a los progenitores del cruce, para ello se sembraron 130 semillas de la categoría genética de la variedad ZETA 15 suministrada por la empresa SERTES, S. A (Maracay, Aragua) y 130 semillas del AR de glumas negras sin arista proveniente del estado Cojedes tomadas del ensayo de Torres (2003).

En total se sembraron 834 semillas de las 20 panículas, considerando entre 30 a 53 semillas en cada una, pero el número de plantas obtenidas de ellas fueron 537, con 12 a 43 plantas por panícula.

La siembra se realizó en un semillero y posteriormente a los 25 días después de la siembra (DDS) se transplantaron las plántulas a melgas, constituidas de 5 metros de largo por 5 metros de ancho. Se utilizó una distancia entre hileras de 30 cm y 15 cm entre plantas.

El ensayo se estableció en el campo experimental del Instituto de Agronomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela localizado en el municipio Girardot en Maracay, estado Aragua, con una latitud de  $10^{\circ} 11''$  N y una longitud de  $67^{\circ} 30''$  O, altura de 442 m.s.n.m., precipitación media anual de 953 mm y una temperatura media anual de  $24^{\circ}\text{C}$ . El suelo utilizado pertenece a la serie Maracay, Fluventic Haplustolf, Francosa gruesa isohipertermica, donde la textura del terreno es Franca, con bajo contenido de materia orgánica (1,32%) y altos contenidos de fósforo y calcio y bajo potasio; pH 7,2 y una conductividad eléctrica de 0,200 (ds/m).

Se determinaron las siguientes variables por planta:

**Número de granos o panículas por planta (NGP):** se contaron las panículas presente en cada planta.

**Número de granos llenos por panículas (NGLL):** se tomaron 2 panículas por planta y se desgranaron a mano, contándose manualmente los granos llenos en cada una.

**Peso de los granos por panícula (PGP):** los granos llenos de las 2 panículas evaluadas anteriormente se pesaron en una balanza electrónica, el cual se expresó en gramos.

**Porcentaje de fertilidad (PF):** de estas 2 panículas se contaron los granos llenos y vanos, posteriormente se relacionaron los llenos entre el total de granos y se estimó el PF de las panículas.

**Porcentaje de desgrane (PD):** fue estimado contando el número de granos presentes en las dos panículas tomadas y relacionándolos con el número de pedicelos presentes en las mismas.

**Longitud de la panícula (LP):** se tomaron 2 panículas de cada planta, con una cinta métrica se procedió a medir cada una desde la base (nudo ciliar) hasta el ápice.

**Dimensiones de la semilla (DS):** fue determinado con un vernier electrónico el ancho, largo y espesor de las semillas en paddy. Se tomaron 50 semillas por cada planta.

**Color de las glumas (CG):** se calificó el color de las glumas en función del catálogo presentado por Muñoz *et al.* (1993).

**Color del pericarpio (CP):** fue calificado el color del pericarpio en función del catálogo presentado por Muñoz *et al.* (1993).

**Presencia y longitud de la arista (PLA):** se observó en la lemma presencia o ausencia de arista, y las panículas que la mostraron se midieron en 5 semillas la longitud de las mismas en cada planta evaluada.

#### Análisis estadísticos

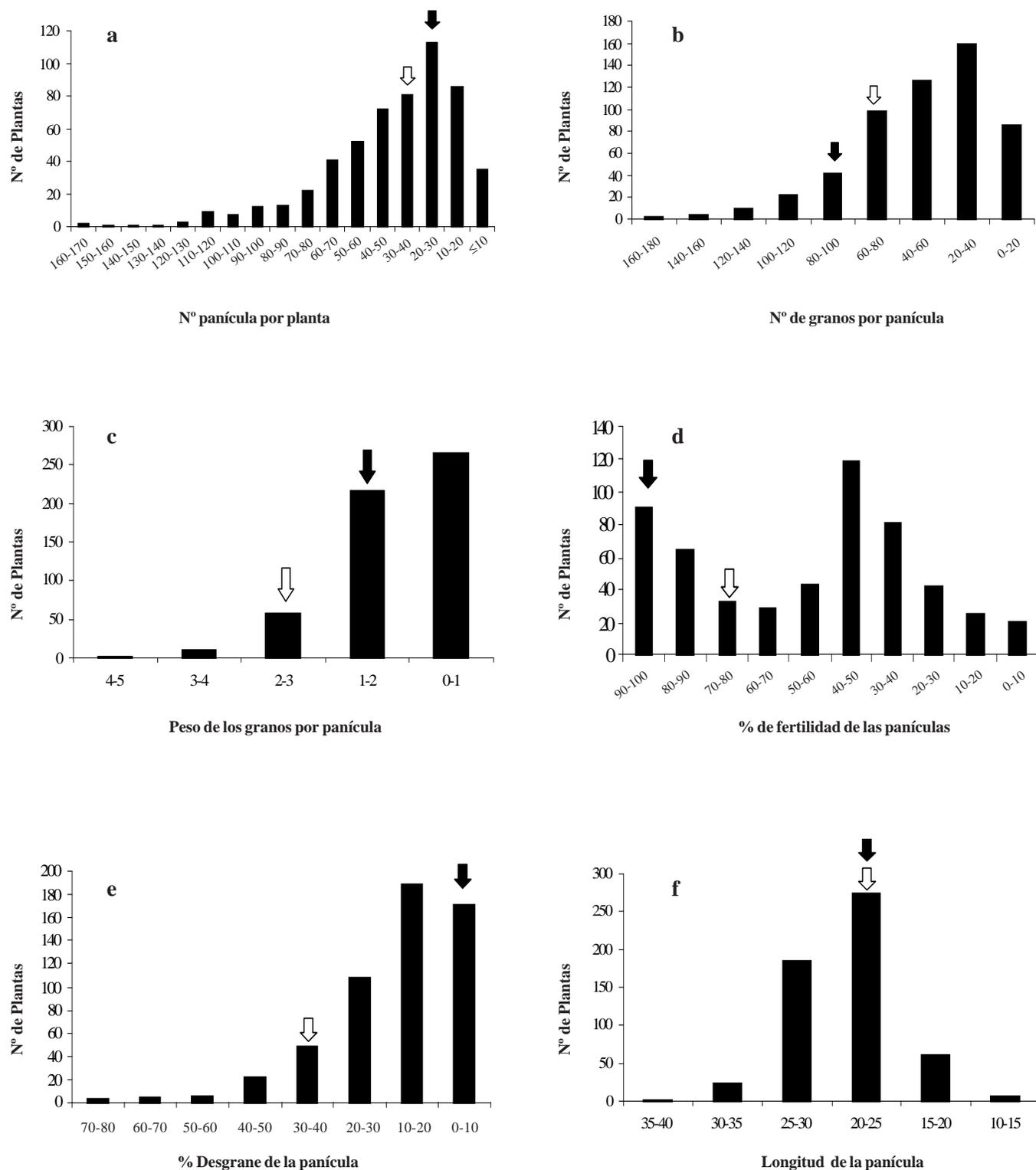
Se utilizó la estadística descriptiva, para todas las variables involucradas en este estudio utilizando la hoja de Excel (Microsoft). Además, se realizó la prueba de Ji-cuadrado en la variable porcentaje de fertilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población  $F_2$  mostraron un patrón de distribución normal, encontrándose la mayor frecuencia en la categoría de 20-30 panículas planta<sup>-1</sup>, semejante a la variedad (ZETA15®) y en segundo lugar la clase de 30-40 panículas planta<sup>-1</sup> compartida también con el AR. Se encontró un mínimo y máximo de 3 y 166 panículas planta<sup>-1</sup>; con una media de 40,56 panículas planta<sup>-1</sup>. (Figura 1a). La  $F_1$  de este cruce mostró menos panículas planta<sup>-1</sup> que ZETA 15 (Davaus y Zamora, 2005).

#### Número de granos por Panícula (NGP)

La  $F_2$  mostró una segregación del NGP que fue desde 0 a 177,50, con una media de 49,68. La mayor frecuencia observada fue de 20-40 granos por panícula (g pan<sup>-1</sup>). La variedad madre tuvo entre 80 a 100 g pan<sup>-1</sup> y el padre entre 60 a 80 granos por panícula (Figura 1b).



**FIGURA 1.** Distribución fenotípica de atributos de productividad de la F<sub>2</sub>. La flecha negra indica la ubicación de la media de la variedad y la blanca del arroz rojo.

Las plantas  $F_2$  que no tuvieron granos en sus panículas quizás puedan explicarse a la completa esterilidad de sus panículas (Figura 1d). De los progenitores la variedad mostró mayor cantidad de granos que el padre, pudiéndose atribuir esto al mayor desgrane observado en el padre (Figura 1e)

Torres (2003), encontró que ZETA 15 tuvo mayor NGP (80,83 g pan<sup>-1</sup>) que el AR. Posteriormente, Davaus y Zamora (2005), evidenciaron que la  $F_1$  del cruce ZETA 15 y AR tuvo menos granos (58 g pan<sup>-1</sup>) por panícula que su madre ZETA 15 (87 g pan<sup>-1</sup>), quizás debido a la alta esterilidad presentada en las panículas.

Por su parte, Castillo (2006) muestra en sus resultado que los varietales de D-Sativa tuvo una segregación en el NGP desde 65,49 a 123,84, siendo la media de la variedad 101,18 g pan<sup>-1</sup>. Así mismo, en Fedearroz 50 se encontró una variación en los VAM de 21,97 a 134,84 y la media de la variedad fue 95,20 g pan<sup>-1</sup>.

**Peso de los granos por panícula (PGP)**

La  $F_2$  desplegó una distribución asimétrica donde la mayor frecuencia se observó en la menor clase (0-1 g pan<sup>-1</sup>), agrupando a casi la mitad de los individuos. Esta variable está relacionada al igual que el número de granos con el desgrane, la esterilidad de la panícula y el tamaño de la semilla, quizás por ello la mayor parte de los individuos tuvieron pocos granos y por ende bajo peso. Sin embargo, en la segregación se observó 10% de los individuos pesaron como la variedad y 2% tuvieron un peso superior a ésta (Figura 1c).

Así mismo, Davaus y Zamora (2005) encontraron que la  $F_1$  mostró menos PGP(0,90 g pan<sup>-1</sup>) que ZETA 15 (2,05 g pan<sup>-1</sup>).

**Porcentaje de Fertilidad (PF)**

La  $F_2$  desplegó una distribución de gran variedad de clases en el PF, donde se observa 2 picos de mayor frecuencia, uno que agrupó al 22% de los individuos en la categoría de 40-50% de fertilidad y otro con el 17% en el rango de 90-100% de fertilidad de la panícula compartiendo esta clase con la variedad. Sin embargo, el padre (AR) estuvo en la clase 70-80% (Figura 1d).

Es interesante resaltar que en el cruzamiento entre la variedad de arroz ZETA 15 y el AR negro sin arista se observó que el 62% de población  $F_2$  mostró más de 50% de esterilidad, esto pudiera utilizarse como una herramienta en campos de multiplicación de semillas,

cuando se observen panículas con alta esterilidad deberían tomarse como un fuera de tipo y erradicarse prontamente de los lotes de manera de prevenir el flujo de genes.

En la Figura 1d se puede observar un punto de inflexión en el rango de 60-70% de fertilidad, expresándose en las plantas  $F_2$  la presencia de un gen mayor que las separa en 2 poblaciones; una con 393 individuos con un comportamiento similar al del AR, es decir con baja a intermedia fertilidad y otra población con 154 individuos con mayor fertilidad, donde esta incluida la variedad, a través de la prueba de  $X^2$  para las plantas de  $F_2$  (ver Cuadro); donde el  $X^2$  calculado fue menor que el  $X^2$  tabulado, aceptándose la hipótesis de la segregación 3:1, demostrándose la presencia de un gen mayor que controla el carácter de fertilidad de las panículas, que afectará el desarrollo del cultivo si la maleza tiene altos valores de esta variable.

En sus experimentos, Torres (2003) señaló que ZETA 15 tuvo mayor fertilidad de las panículas que el AR. Davaus y Zamora (2005), encontraron que ZETA 15 mostró el doble de fertilidad de las panículas (88,78%) que el híbrido (44,62%) en la generación  $F_1$ . Ortiz Domínguez *et al.* (2000) encontraron que los AR mostraron un PF entre 59,44 a 90,42% y las variedades entre 75,23 a 92,18%. Castillo (2006), relata que en los varietales de D-Sativa hubo una variación del PF de las panículas desde 80,22 a 97,79% y la variedad tuvo 93,71%, mientras que los VAM de Fedearroz 50 exhibieron una segregación de 46,89 a 86,98% y la variedad 71,67%, resultados similares a los mostrados en la  $F_2$  de este estudio, por lo que estos individuos pudieran provenir de cruzamientos entre estas variedades con algunos AR presentes en el campo durante la multiplicación de semillas.

**CUADRO.** Prueba de  $X^2$  realizada para la variable porcentaje de fertilidad.

Pueba de Ji cuadrado			
	Datos observados(O)	Valores esperados(E)	$X^2 = (o-e)^2 \times E^{-1}$
AA+Aa	393	(3/4) 410,25	0,946
aa	154	(1/4) 136,75	0,9205
	547	547	$X^2C=1,851$

$X^2t(n^{-1}) =$  con 1 grado de libertad= 3,84

### Porcentaje de Desgrane (PD)

La  $F_2$  exhibió una distribución asimétrica del (PD), donde se observa que el 34,37 de los individuos se agruparon en la clase de 10-20% y 31,08% en 0-10 conjuntamente con la variedad, sin embargo el 8,8% estuvo entre 30-40% con el progenitor (AR), y sólo 6% mostraron más de 50% de desgrane (Figura 1e).

Según observaciones de Davaus y Zamora (2005), el desgrane fue mayor en el híbrido (13,65%) que en la variedad (7,05%). Por su parte Ortiz Domínguez *et al.* (2000), observaron que los AR presentaron mayor desgrane (17,02 - 82,98%) que las variedades de arroz (7,91 - 30,93%). Entre tanto, Gómez (2002) señaló que el PD de AR y *O. rufipogon* Griff estuvo por el orden de 8,25 a 45,83%.

Sin embargo, Ortiz Domínguez (2005), encontró que el 41% de los AR provenientes de lotes de semillas presentaron desgrane entre 20- 49%; 25% menos de 9% (en este rango se ubicaron las variedades); 21% entre 10 a 17% y 13% entre 50-80% de desgrane. El mismo autor describe que el desgrane es una característica que el AR utiliza para alimentar al banco de semilla del suelo que aunado a la latencia, le permite mantenerse viable por muchos años y escapar a los controles que se realizan en el arrozal. Es probable que por está razón el 75% de los AR encontrados en estos lotes de semillas tienen más de 10% de desgrane, superior al hallado en las variedades. Es decir, el AR que ha evolucionado en la producción de semilla tiende a parecerse a la morfología de las variedades, pero, conserva características como el desgrane y la latencia para alcanzar el éxito ecológico.

Castillo (2006), encontró datos muy interesante sobre el PD de los varietales de AM en D-Sativa y Fedearroz 50, entre los cuales se puede mencionar que los valores mínimos, máximos de los VAM y la media de la variedad fueron: 4,43; 38,67 y 8,48% y 6,30; 81,54 y 18,33%, respectivamente. Datos que reflejan la alta variabilidad observadas en los VAM, sobre todos los derivados de Fedearroz 50, estos resultados soportan la hipótesis de que los varietales son productos de cruzamientos entre la variedad de arroz con algún AR.

### Longitud de la Panícula (LP)

La  $F_2$  mostró para la LP una distribución normal donde el 49,7% de los individuos se agruparon en la categoría de 20-25 cm conjuntamente con los progenitores; además, se observó que el 5% tuvieron panículas con más de 30 cm y 12% menores de 20 cm (Figura 1f).

Diferencias no significativas estadísticamente para esta variable fueron estudiadas por Torres (2003), Ortiz Domínguez *et al.* (2000) entre las variedades de arroz y el AR.

Ortiz Domínguez (2005), encontró que el 83% de los AR provenientes de lotes de semillas tuvieron similar tamaño de panículas que las variedades de arroz (entre 20 - 28 cm); 13% más pequeñas (14-19 cm) y 4% más largas (28,5 a 30 cm), explicando que la LP de estos AR muestran similar dimensión con las variedades, ya que, es parte de la morfología de la planta (altura de planta, dimensiones de los granos, posición de la hoja bandera y hábito de crecimiento) que lo hace mimetizarse con el arroz cultivado para evitar la eliminación durante la depuración de los campos.

En sus investigaciones, Castillo (2006) encontró que los valores mínimo, máximo de los varietales de D-Sativa y la media de la variedad fueron: 22,01; 26,39 y 22,99 cm y para Fedearroz 50 fueron: 20,79; 28,31 y 26,74 cm, respectivamente. Estos resultados muestran siempre a la media de las variedades en el intervalo entre los valores encontrados en sus VAM, similar a lo obtenido en este ensayo.

### Longitud de los granos paddy (LGP)

La  $F_2$  mostró una distribución normal encontrándose que el 55,60% de los individuos mostraron granos entre 8-9 mm semejante al padre AR; 30,50% entre 9-10 mm similar a la variedad; además de 11,38% menor a 8 mm y 2,5% mayor a 10 mm. La  $F_2$  refirieron un valor mínimo y máximo de 6,31 y 10,39 mm, respectivamente, y su media fue de 6,31 mm (Figura 2a).

Según adelantos de Davaus y Zamora (2005), señalaron que el largo de los granos paddy fue mayor en la variedad (9,63 mm) que en la  $F_1$  (8,97 mm).

Por su parte, Ortiz Domínguez (2005), encontró que el 75% de los AR recolectados en los lotes de semilla certificada de arroz tuvieron granos paddy entre 8 a 8,9 mm de largo muy parecidos a la variedad Cimarrón. El 17% de los AR mostraron granos mayores a 9 mm, similares a las dimensiones de ZETA 15 y D-Sativa.

En sus ensayos, Castillo (2006) observó que D-Sativa y Fedearroz 50 mostraron una longitud de los granos paddy de 9,98 y 9,57 mm, respectivamente, mientras que los varietales de la primera variedad exhibió una oscilación entre 8,26 y 9,17 mm; y los VAM de la segunda entre 7,74 y 9,27, respectivamente; resultados con una tendencia parecida a los obtenidos en este ensayo.

### Ancho del grano paddy (AGP)

La población  $F_2$  mostraron una distribución asimétrica para AGP, donde se observa que el 93,36% de los individuos se agruparon en la clase de 2-3 mm, similar a los padres, mientras que el 6,64% tuvieron granos con anchos superiores a 3 mm de ancho. La  $F_2$  mostró valores mínimos y máximos de 2,01 y 7,58 mm con una media de 2,64 mm (Figura 2b).

Por lo que, Davaus y Zamora (2005), encontraron que ZETA 15 mostró menor AGP (1,86 mm) que la  $F_1$  (2,45 mm).

En su área, Ortiz Domínguez (2005) evidenció que el 71% de los AR evaluados tuvieron el AGP superior a 2,60 mm; 23% similar a las variedades de arroz entre 2,35 a 2,60 mm y tan sólo el 2% fueron granos finos de 1,91 mm, correspondiendo a un arroz silvestre de la especie *O. rufipogon* americana (*O. glumaepatula*).

Castillo (2006), determinó que las variedades D-Sativa y Fedearroz 50 mostraron un promedio de AGP de 2,35 y 2,50 mm, respectivamente, mientras que sus varietales mostraron variabilidad en esta dimensión, los VAM de la primera variedad exhibieron un rango desde 2,46 a 3,06 mm y la segunda desde 2,35 a 3,15 mm.

Los resultados de este trabajo cuando se comparan con otras investigaciones citadas anteriormente, indican que el AR utilizado en este estudio fue menos ancho que los AR típicos e incluso que los varietales de D-Sativa y Fedearroz 50.

### Espesor del grano paddy (EGP)

La  $F_2$  mostró una distribución del AGP asimétrica con 99,43% de los individuos agrupados en la clase de 1-2 mm similar al de los progenitores y 0,57% entre 2-3 mm (Figura 2c). Los valores mínimo, máximo de la  $F_2$  fueron 1,43 y 2,68 mm, respectivamente, y su media de 1,84 mm.

Ortiz Domínguez (2005), indicó que el 60,40% de los granos paddy de AR provenientes de lotes de semillas mostraron tener un espesor entre 1,86 a 2,00 mm, similar a las variedades de arroz, el 13% de los AR evaluados fueron más gruesos y el 27% de menor espesor que las variedades, incluyendo el silvestre de *O. rufipogon* que fue el más delgado (1,30 mm).

En sus trabajos, Castillo (2006) encontró que las medias de las variedades D-Sativa y Fedearroz 50 fue de 1,94 y 1,93 mm, ubicándose en forma general entre los valores de las variedades (1,61 y 2,07 mm).

### Relación largo ancho<sup>-1</sup> del grano paddy (RLA)

Las progenies de la  $F_2$  describieron una distribución simétrica para la relación largo ancho<sup>-1</sup>, donde se observa que el 82,16% de los individuos tuvieron 3-4 RLA similar al AR; 14,425% entre 2-3 RLA y 3,42% de 4-5 RLA parecido a ZETA 15. En la  $F_2$  se observó los valores mínimos y máximos de 2,54 y 4,71 RLA, con una media de 3,60 RLA.

Davaus y Zamora (2005), estimaron una relación largo ancho<sup>-1</sup> de 5,15 en la variedad ZETA 15 y 3,66 en la  $F_1$ . Estos autores también estimaron una relación largo ancho<sup>-1</sup> de 5,15 en la variedad ZETA 15 y 3,66 en la  $F_1$ . Castillo (2006), encontró que la relación largo ancho<sup>-1</sup> fue mayor en la variedad D-Sativa cuando comparado con sus varietales mostrando valores entre 2,87 a 3,65, mientras que para Fedearroz 50 la medida fue de 3,84 sus varietales exhibieron un intervalo entre 2,50 a 3,90.

### Color de las glumas (CG)

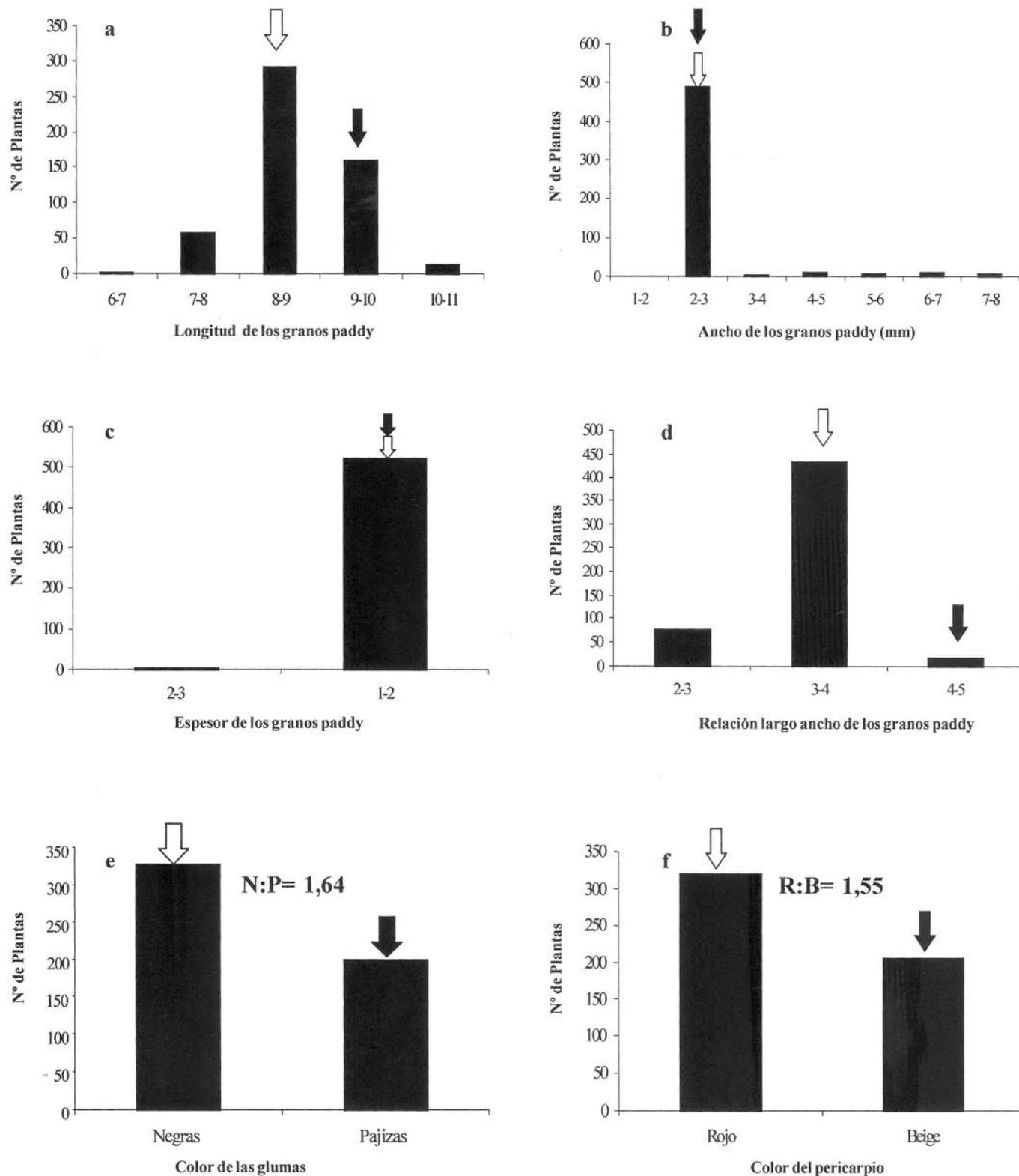
La  $F_2$  mostró una distribución asimétrica del CG, donde el 62,12% de los individuos tuvieron glumas negras similar al AR y 37,88% de color pajizo parecido a la variedad, es decir la relación del negro sobre el pajizo de 1,64 (Figura 2e y 3).

Cabe mencionar que dentro de las categorías de glumas de color negro y pajiza hay un gradiente de matices que se obviaron en este trabajo, ya que, la intención es reflejar los colores básicos expresados en las glumas y no las tonalidades precisas.

Los individuos que presentaron glumas de color pajiza son potencialmente varietales de AM si presentan a su vez baja altura de planta, hábito de crecimiento erecto a intermedio, y floración simultánea.

Davaus y Zamora 2005, encontraron que todas las semillas de la  $F_1$  mostraron las glumas de color negro y pericarpio rojo, indicando que las glumas negras y el pericarpio rojo fueron dominantes sobre las pajizas y beige, respectivamente.

En el país se encuentra una amplia variabilidad en campo de colores de glumas mostrada por las diferentes poblaciones de AR, se pueden citar entre otros a Ortiz Domínguez *et al.* (2000), observaron en los 5 AR evaluados que los colores de glumas exhibidos fueron: pajizo, negro y dorado. Páez (1999) trabajó con 3



**FIGURA 2.** Distribución fenotípica de atributos de la morfología de los granos de la F<sub>2</sub>. La flecha negra rellena indica la ubicación de la media de la variedad y la blanca del arroz rojo.

accesiones de AR descritos por el color de las glumas en pajizo aristado, marrón sin arista y negro aristado procedentes de Ospino, Portuguesa.

### Color del pericarpio (CP)

La  $F_2$  mostró una distribución asimétrica parecida a la descrita por el color de las glumas donde el 60,80% de los individuos tuvieron el pericarpio de color rojo similar al AR y 39,20% beige parecido al de la variedad (Figura 2f y 3).

Así como en el caso del color de las glumas con la coloración del pericarpio rojo y beige se observaron diferencias en las tonalidades, sin embargo, para este trabajo sólo se agruparon en dos categorías para simplificar la expresión del color del pericarpio.

Castillo (2006), seleccionó 750 panículas, en campos de multiplicación de semilla categoría certificada en Portuguesa, de la variedad D-Sativa y Fedearroz 50 y

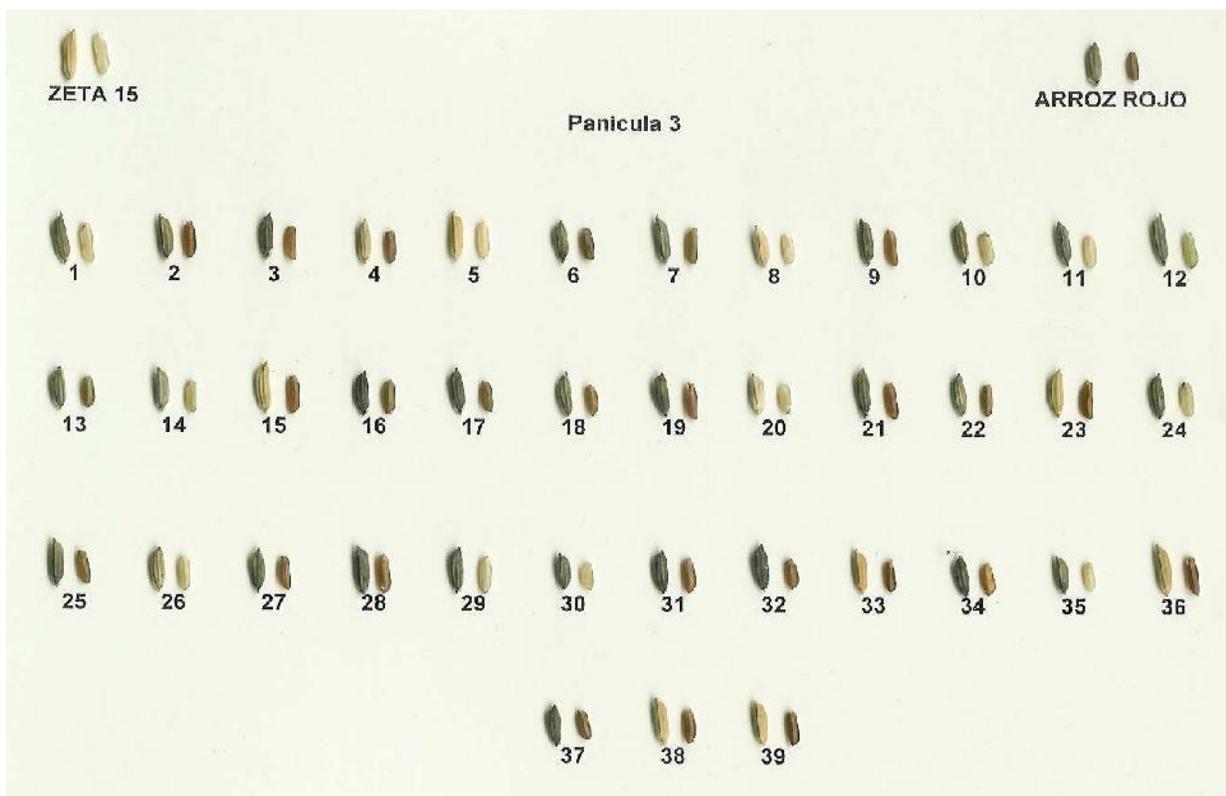
encontró que la primera mostró 38,89% de varietales con pericarpio rojo y 61,11% beige, mientras que la segunda 71,43% y 28,57, respectivamente.

### Presencia de arista (PA)

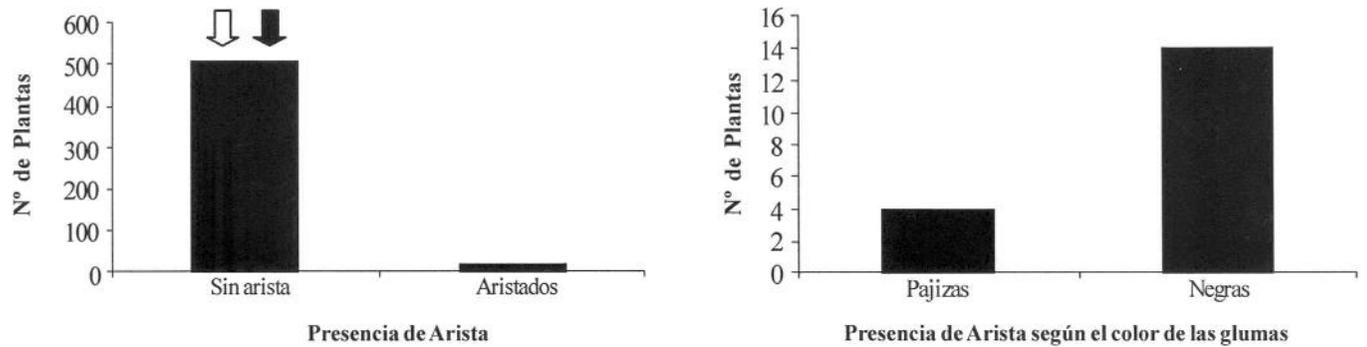
En la población  $F_2$  se encontró que el 96,59% de las semillas no presentaron aristas igual que la  $F_1$  y la variedad ZETA 15 (madre) y el AR (padre), pero un 3,41% de las semillas mostraron arista pequeña. De estos fenotipos aristados se observó que 3,5 veces se agruparon en las plantas  $F_2$  que tuvieron glumas negras (Figura 4).

Es importante mencionar que a pesar de que los padres no tuvieron aristas aparecieron individuos aristados en la  $F_2$ , quizás producto de algún otro cruce con algún AR aristado, la complejidad de los genes que controlan esta variable o la interacción genotipo con ambiente.

Los individuos sin arista también contribuyen a que la maleza se mimetice con el cultivo y pase desapercibido en campos de producción de semilla.



**FIGURA 3.** Segregación ( $F_2$ ) del color de las glumas y pericarpio en las plantas originadas por la panícula número 3 seleccionada de la  $F_1$  del cruce natural entre la variedad ZETA 15 y el arroz rojo de glumas negras sin arista.



**FIGURA 4.** Distribución fenotípica de la presencia de arista en los granos de la  $F_2$  derivada del cruce entre la variedad de arroz ZETA 15 y el arroz rojo de glumas negras sin arista. La flecha negra rellena indica la media de la variedad y la blanca del arroz rojo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones específicas de este ensayo se puede concluir que:

- La fertilidad observada en la  $F_2$  fue similar con la frecuencia observada en los progenitores, sin embargo, se observa en la población  $F_2$  la dominancia de la baja fertilidad.
- El color negro de las glumas y rojo del pericarpio observado en el AR fue dominante contra el pajizo y beige mostrado por las variedades de arroz.
- Los individuos  $F_2$  con LP similar a la variedad de arroz, granos largos y color de las glumas pajizas pudieran mimetizarse con el cultivo para originar los VAM.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, J. 2006. Evaluación de la contaminación con arroz rojo en la producción de semillas y granos de arroz en el estado Portuguesa. Tesis de grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 90 p.
- Davaus, I. y J. Zamora. 2005. Evaluación de la hibridación natural entre la variedad de arroz Zeta 15 y el arroz rojo negro sin arista. Trabajo de grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 75 p.
- Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonomía de las especies del complejo de malezas arroz rojo de las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Tesis de Grado Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 105 p.
- Lentini, Z and A. Espinoza. 2005. Coexistence of Weedy Rice and Rice in Tropical America - Gene Flow and Genetic Diversity. In: Crop Fertility and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 303-319 p.
- Machado, J. 2006. Seguimiento de la Calidad en la Semilla de Arroz. Senasem-Portuguesa: Caso arroz Rojo. Ciclo de charlas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 22 p.
- Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández, J., 1993. Descriptores varietales: Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 174 p.
- Ortiz Domínguez, A., López L. y Lizaso J. 2000. Comparación de Algunos Componentes del Rendimiento, Latencia de las Semillas y Dimensiones de los Granos entre Poblaciones de Arroz Rojo y Variedades de Arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela, Rev. Fac. Agron. (Maracay) 26:15-25 p.
- Ortiz Domínguez, A. 2005. Caracterización morfofisiológica de genotipos de arroz rojo provenientes del programa de certificación de semilla de arroz en el estado Portuguesa año 2004. Trabajo Especial. Doctorado de Ciencias Agrícolas. Aragua Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.

- Páez, G. 1999. Efecto de la hidracida Maleica en la viabilidad de la semilla de arroz rojo y sobre algunos componentes de rendimientos del arroz. Trabajo de grado. Aragua Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 48 p.
- Peña J. y A. Ortiz Domínguez. 2001. Evaluación de las especies involucradas en el complejo de malezas denominado arroz rojo de las zonas arroceras de Venezuela. *Agronomía Trop.* 51(3):439-452.
- Septiningsih, E. K. Trijatmiko, S. Moeljopawiro and S. McCouch. 2003. Identification of quantitative trait loci for grain quality in an advanced backcross population derived from the *Oryza sativa* variety IR64 and the wild relative *O. rufipogon*. *Theor Appl Genet* 107:1433-1441.
- Torres, S. 2003. Efecto de densidades de población de arroz rojo (*Oryza Sativa* L.) sobre el rendimiento Y calidad molinera de la variedad de arroz ZETA 15. Tesis de Grado. Aragua Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay 65 p.
- Vaughan, D. P. Sanchez, J Ushiki, Akito Kaga and N. Tomooka. 2005. Asian Rice and Weedy rice- Evolutionary perspectives. **In:** Crop Ferality and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 257-277 p.
- Vaughan, D y N. Tomooka. 1999. Varietal Differentiation and Evolution Wild rice in Venezuela. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.gramene.org/newsletters/rice\\_genetics/rgn16/v16p15.html](http://www.gramene.org/newsletters/rice_genetics/rgn16/v16p15.html) [Consulta: 2006, abril 17].

# AGRONOMÍA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

## Instrucciones para los Autores

**Agronomía Tropical** publica trabajos originales producto de la investigación en el área de la agronomía. Se reconocen por trabajos originales aquellos que son producto de la investigación o experimentación, que tienen como objetivo concreto desarrollar nuevos conceptos o tecnologías y adaptar las existentes a las condiciones locales.

El envío de trabajos a **Agronomía Tropical** implica que no han sido presentados para su publicación en otra revista.

Los trabajos cortos, que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, o especies nuevas, serán publicados en la revista como notas. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

### Manuscritos

Se requieren un original y tres copias legibles, mecanografiadas a doble espacio en papel blanco tamaño carta (28,0 x 21,5 cm) utilizando una sola cara con márgenes de 2 cm en la parte superior y 3 cm en los demás lados. Las páginas deben ser numeradas consecutivamente. La versión final del trabajo, en la cual se han acogido las observaciones de los revisores, deberá remitirse tanto en un original mecanografiado, como archivado en un CD transcrito en MS Word, Open Office Writer.

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), palabras clave, resumen, introducción la cual debe incluir la revisión de literatura, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones (si las hubiere), resumen (summary) y título en inglés, agradecimiento (si hubiere), bibliografía.

Los títulos de cada una de las partes del trabajo deben insertarse en el texto en letras mayúsculas y en el centro de la página.

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias. Junto al manuscrito es necesario anexar una carta de Fe, donde se declare que el trabajo no ha sido presentado en ningún otro medio.

**Título.** Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe

identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

**Autor(es).** Primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos (\*) para identificar al pie de página el cargo, la institución, dirección postal donde trabajan y correo electrónico. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

**Resumen.** Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, por qué son relevantes, y la conclusión. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

**Palabras Clave.** Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto y que faciliten la elaboración del índice de materias, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos.

**Introducción.** Debe estar formada por una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; igualmente puede incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo. Para las referencias bibliográficas se usará el sistema de apellidos del primer autor y el año de publicación.

**Materiales y Métodos.** La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deberán ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

**Resultados y Discusión.** Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

**Agradecimiento.** Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación se debe anexar al pie de página en la primera parte del trabajo, es decir, debajo de las palabras claves, indicando la llamada número 1 al terminar el título e incluyéndose, debajo de la página del resumen.

**Cuadros.** Cada cuadro se presentará en hoja separada, colocada a continuación del texto donde se haga alusión a él por primera vez, y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (\*), 0,01 (\*\*) y 0,001 (\*\*\*); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo.

**Figuras.** Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). Éstas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Las figuras pueden dibujarse a mano alzada con tinta china en papel albanene, o elaboradas con un Software y reproducidas en impresora láser. De ser posible, use figuras de 1/2 página (9 x 11 cm). No es deseable usar letras mayúsculas en el título el cual debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán en hoja aparte, con el respectivo número de la figura. Se requieren los negativos o diapositivas, marcadas por detrás con lápiz suave, con el número de la figura y el título del artículo.

Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato TIFF (cmyk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar Harvard Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

Debe evitar el uso del color en los gráficos y demás figuras, ya que esto encarece la edición de la revista. De requerirse el uso del color en las fotografías, agrúpelas y numérelas secuencialmente.

**Bibliografía.** Sólo deben ser incluidas publicaciones que estén disponibles en las bibliotecas; las comunicaciones personales serán citadas en el texto al pie de página indicando el nombre completo y la dirección del autor de la comunicación, el año en que se produjo. Las citas bibliográficas deben ser ordenadas alfabéticamente siguiendo el siguiente esquema:

- **Artículos de revistas:** autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.
- **Libros y folletos:** autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.
- **Artículos en una publicación colectiva:** autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.
- **Tesis:** autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

Dos o más artículos del mismo autor(es) deben ser ordenados cronológicamente, en caso de ser del mismo año debe usarse letras minúsculas a, b, c, d, etc.

**Revisión de los Manuscritos.** La revista garantiza la confidencialidad en el proceso de revisión de los trabajos por parte de especialistas reconocidos.

**Estilo.** Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título (cuando se requiera así como en el resumen, summary y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo).

Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilícelo seguido del símbolo®.

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el summary y en el cuerpo del artículo.

Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombres propios Celsius, Kelvin, Joule.

Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

La abreviatura correspondiente a *Agronomía Tropical* es *Agronomía Trop.*

Para más detalles de estilo y presentación obsérvese los últimos números de la revista.

Los símbolos a usar son:

	Símbolo/abrev.	reemplaza
metro,	m,	
kilómetro,	km (10 <sup>3</sup> m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10 <sup>-2</sup> m)	
milímetro,	mm (10 <sup>-3</sup> m)	
micra	m	
micromilímetro,	mm (10 <sup>-6</sup> m),	microm
nanómetro,	nm (10 <sup>-9</sup> m),	Angstrom
metro cuadrado,	m <sup>2</sup>	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	m <sup>3</sup>	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg (10 <sup>-3</sup> g)	
microgramo,	µg (10 <sup>-6</sup> g)	
nanogramo,	ng (10 <sup>-9</sup> g)	
kilogramo/hectárea,	kg ha <sup>-1</sup>	
toneladas/hectárea,	t ha <sup>-1</sup>	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	°C	
grado Joule,	J,	caloría
grado Kelvin	°K	
centimole por kilogramo,	c mol kg <sup>-1</sup> ,	meq por 100g
gramo por kilogramo,	g kg <sup>-1</sup>	
miligramo por kilogramo,	mg kg <sup>-1</sup> ,	ppm
metro sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	

La revista proporcionará gratis a los autores 25 separatas de sus trabajos.

Para reproducir un material o parte de él, deberá obtenerse el permiso de la revista.

Los manuscritos deben ser enviados al Editor de **Agronomía Tropical**, INIA, Apdo. 2103, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela, acompañados de una comunicación en la cual se señale el autor a quien deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio y la firma de cada uno de los autores del trabajo.

En su defecto el artículo también puede ser enviado por correo electrónico a las siguientes direcciones: [agrotrop@inia.gov.ve](mailto:agrotrop@inia.gov.ve), [agrotropic@yahoo.com](mailto:agrotropic@yahoo.com) y [mfernandez@inia.gov.ve](mailto:mfernandez@inia.gov.ve).

**Para suscripción.** Por favor, depositar el monto del volumen completo más costo de envío al Banco Mercantil, Cuenta Corriente N° 0105-0100-84-1100095039 a nombre del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Comunicarse con la Sra. Mirna Ávila, correo electrónico [mavila@inia.gov.ve](mailto:mavila@inia.gov.ve), número telefónico 0243-2404779, Oficina de Distribución y Venta, Gerencia General del INIA.

Composición: Carmen Elena Solórzano  
Montaje: Nury Castillo y Gerardo Moreno  
Fotolito: Mario Pino  
Impresión: Eliseo Silva y Wilmer Gallardo

Impreso en el Taller Gráfico del INIA  
Maracay, estado Aragua, Venezuela  
Agosto 2008

