

INIA
Instituto Nacional
de Investigaciones
Agrícolas

Vol. 57, N° 3, 2007

Agronomía Tropical

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trisemestral 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.

SUSCRIPCIÓN

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

Correc Electrónico: agrotrop@inia.gob.ve
Página Electrónica: http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com_periodicas
<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/index.htm>

Agronomía Trop. / Vol. 57 / N° 3 / Julio - Septiembre 2007 / ISSN 0002-192X

AGRONOMÍA TROPICAL

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

www.agrotrop@inia.gob.ve



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS AGRONOMÍA TROPICAL

Dr. Yván Gil
PRESIDENTE

Dra. Nelly Delgado
GERENTE GENERAL

Dra. Jorman Rodríguez
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dra. María Elizabeth Martín
GERENTE DE NEGOCIACIÓN

FUNDADORES

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

COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández
EDITOR JEFE (E)

Mónica González
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo
SECRETARIA

Carmen Sólorzano
SECRETARIA

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. Politec. 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

AGRONOMÍA TROPICAL

Vol. 57-2007

Julio-Septiembre

Nº 3

ISSN 0002-192X

Depósito Legal pp 195102AR73

ÍNDICE

Artículos:	Pág.
ORTIZ DOMÍNGUEZ, A. A. PÉREZ, J. OCHOA y J. V. LAZO. Caracterización del arroz rojo proveniente de lotes de semilla de arroz parte I..... Characterization of red rice comes from lots of rice seed part I.	147
ORTIZ DOMÍNGUEZ, A. A. PÉREZ, J. OCHOA y J. V. LAZO. Caracterización del arroz rojo proveniente de lotes de semilla de arroz parte II..... Characterization of red rice comes from lots of rice seed part II.	157
GUERRERO, J. P., I. PLA-SENTIS, R. G. CAMACHO, Á. VALERA y J. FERRER. Génesis de un suelo salino-sódico de Tucupido, estado Guárico-Venezuela..... Genesis of a saline-sodic soil in Tucupido (Guarico-Venezuela).	171
MONTEVERDE, E. E., C. MARÍN R. y J. R. RUIZ. Estudio de algunas características del fruto de ocho portainjertos para cítricos..... Study of some fruit characteristics of eight citrus rootstocks.	189
ACEVEDO, M., E. TORRES, O. MORENO, R. ÁLVAREZ, O. TORRES, W. CASTRILLO, G. TORREALBA, E. REYES, M. SALAZAR y M. NAVAS. Base genética de los cultivares de arroz de riego liberados en Venezuela..... Genetic base of the varieties irrigated of rice released in Venezuela.	197
LÓPEZ, M., M. ESPAÑA, y M. TORO. Eficiencia de absorción de fósforo en cultivares de sorgo de diferente tolerancia a la toxicidad de aluminio Efficiency of phosphorus absorption in you will cultivate of sorghum of different tolerance from the aluminum toxicity.	205
ORTIZ DOMÍNGUEZ, A. y L. CASTILLO. Ruptura de latencia de las semillas en poblaciones de arroz maleza y silvestres de Venezuela..... Break dormancy in seeds of weedy and wild rice populations of Venezuela.	219
Nota Técnica:	
MONTILLA, R., L. LACRUZ, D. DURÁN, A. MEDINA y F. RAMOS. Daños por <i>Melanagromyza tomaterae</i> , mosca barrenadora del tallo del tomate, en Trujillo, Venezuela..... Damages by <i>Melanagromyza tomaterae</i> , fly drill of the stem of the tomato, in Trujillo, Venezuela.	231

Instrucciones a los Autores

CARACTERIZACIÓN DEL ARROZ ROJO PROVENIENTE DE LOTES DE SEMILLA DE ARROZ PARTE I

CHARACTERIZATION OF RED RICE COMES FROM LOTS OF RICE SEED PART I

Aída Ortiz Domínguez*, Antonio Pérez**, Jesús Ochoa*** y José Vicente Lazo****

* Profesora Agregado y **** Profesor Titular. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Aragua.
E-mail: ortiza@agr.ucv.ve, josevicente.lazo@gmail.com.

Técnico Agregado a la Investigación e *Investigador II. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. CIAE-Portuguesa. Araure, estado Portuguesa. E-mail: jochoa@inia.gob.ve

RESUMEN

El arroz rojo (AR), *Oryza sativa* L., causa severa pérdidas a la cadena del arroz en Venezuela, principalmente en la producción de semillas donde se maneja un estándar de calidad que no permite más de 2 granos de AR por kilogramo de semilla certificada de arroz. El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfofisiológicamente los genotipos encontrados en lotes de semillas sujetos a certificación, en el estado Portuguesa. En esta investigación se caracterizaron las plantas que se originaron de los cariopsis de arroz con pericarpio rojo provenientes de lotes de semillas y se compararon con las variedades de arroz FONAIAP 1, Fedearroz 50, D-Sativa; ZETA 15[®] y Cimarrón. Se evaluaron 17 características de morfología de la planta y de los granos. A los datos se les realizó un análisis estadístico descriptivo. Los resultados de este trabajo muestran que el 85% del AR mostró glumas pajizas, 73% no tuvo arista; el 75% mostró granos intermedios a largos parecido a las variedades; sin embargo, los granos de AR fueron más anchos que ésta. El 58% AR tuvo hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera erecto; la floración, N° macollos y N° panículas fueron parecidos a las variedades, pero variables entre ellos. El N° granos pl⁻¹ fue variable, pero de gran importancia por la alta producción encontrada en algunos genotipos aunado al gran porcentaje de desgrane. La mayoría de los AR evaluados en este estudio quizás estén evolucionando hacia formas miméticas del arroz llamadas varietales.

Palabras Clave: Arroz; *Oryza sativa* L.; arroz rojo; varietales; producción de semilla.

SUMMARY

The red rice, *Oryza sativa* L., causes severe losses in the production chain of this crop in Venezuela, mainly in the seed production, where the quality standard does not allow more than 2 grains of red rice (RR) per kilogram of certificated seed. The objective of this work was to characterize morfo-physiologically the genotypes of RR found in seed lots subject to certification located in Portuguesa State. In this investigation there were characterized plants that were originated of rice caryopsis that showed red pericarp, found in seed lots subject to certification and were compared against the varieties of rice FONAIAP 1, Fedearroz 50, D-Sativa; ZETA 15[®] and Cimarron. Seventeen (17) characteristics of morphology of the plant and grains were evaluated, and a descriptive statistical analysis to each variable was made. We found that 85% of the evaluated RR showed straw color glumes, 73% did not show awn; 75% showed medium and large grain size as rice varieties; however, the grains of RR were more width than rice varieties. We also found that 58% of the RR had erect growth habit and position of the flag leaf; the flowering, N° tillers plant⁻¹ and N° panicles plant⁻¹ were similar to rice varieties, although there was a lot variation between them. The N° grains pl⁻¹ was variable, but of very importance due to the high production of some genotypes joined to great percent of shattering. The major RR evaluated in this work probably are evolving to mimetic forms called the Weedy rice-variety types (WRVT).

Key Words: Rice; *Oryza sativa* L.; red rice; weedy rice-variety types; seed production.

RECIBIDO: marzo 24, 2006

APROBADO: abril 12, 2007

INTRODUCCIÓN

El arroz maleza maleza/rojo (AR) fue introducida a las áreas de producción de arroz, *Oryza sativa* L., en Venezuela quizás con semilla importada desde los EE.UU., en la década del cincuenta, estableciéndose primariamente 2 poblaciones importantes, el AR de glumas de color negro y el pajizo. En la actualidad en el país se encuentra una gran variabilidad de poblaciones de arroz maleza, que oscilan desde los tipos parecidos a las variedades tanto en morfología de la planta como en las dimensiones del grano y que poseen pericarpio rojo o beige, hasta los de mayor altura de planta con glumas de colores variables: negros, pajizos, dorados y marrón con o sin aristas (Ortiz, 1997).

En el sistema de semilla de arroz, el daño que ocasiona el AR se puede resumir en: a) daño directo: a los multiplicadores de semilla, quienes al descartarle el producto de su cosecha se ven afectados económicamente, b) daño indirecto: en especial a las empresas productoras de semillas, al reducir la oferta de determinadas variedades les afecta su negocio y finalmente, el mercado al tener menos semilla certificada los agricultores siembran granos por semilla, los cuales están mayormente contaminados con AR y por ende se agrava aún más el problema.

En sus trabajos, Machado (2004), estima que se requieren alrededor de 25 millones de kilogramos de semilla de arroz para satisfacer el mercado, sin embargo, en el 2003 se cubrió tan sólo el 65% de estas necesidades, por ende se deduce que los productores de arroz venezolanos utilizan 35% de semilla no certificada.

Las especies de AR que se encuentran frecuentemente interfiriendo con la producción de semillas en el estado Portuguesa son: *Oryza sativa* L. y *O. rufipogon* americana Griff (*O. glumaepatula*) según varios autores (Peña y Ortiz Domínguez, 2001 y Vaughan y Tomooka, 1999) las cuales podrían haberse cruzado con las variedades de arroz originando formas miméticas muy parecidas morfofisiológicamente a las variedades a las cuales varios autores las han llamado varietales.

El flujo de genes entre las variedades de arroz (transgénicas o derivadas del mejoramiento tradi-

cional) y el arroz maleza (especies silvestres y AR), ha sido estudiado por diversos autores, quienes han concluido que la tasa de cruzamiento de variedades transgénicas con especies silvestres (*O. rufipogon*) oscila entre 1,21 a 2,94 y con AR 0,01 a 0,1%; entre variedades de arroz de 0 a 6,8%; mientras que cuando el flujo de genes es desde el arroz maleza/rojo hacia las variedades es sustancialmente mayor, considerándose una tasa de 17,3 a 20,6% (OECD, 1999; Gealy *et al.*, 2003; Messeguer *et al.*, 2001; Lu, 2004).

Cuando los genes indeseables de las poblaciones silvestres o AR fluyen hacia los cultivares se generan formas miméticas (varietales) que afectan la calidad genética de las variedades, produciendo grandes pérdidas económicas en este sector (Ortiz, 2004).

El mayor peligro del flujo de genes ocurre cuando el AR y especies silvestres comparten el nicho ecológico con el cultivo de arroz. El arroz maleza es genéticamente diverso y se agrupa en: (1) Grupo índica: mimetizado con el cultivo, sus semillas poseen bajos niveles de latencia y desgrane, pueden tener descendencia con las variedades; (2) Grupo de especies silvestres: se encuentran mayoritariamente en Asia Tropical, también son índicas, pero, sus semillas tienen alto grado de latencia y desgrane. Podría existir flujo de genes entre estas poblaciones silvestres y el cultivo; (3) Grupo japónica: comprende poblaciones de Korea y el Valle bajo de Yangze en China (Gealy *et al.*, 2003).

El uso de marcadores moleculares del tipo microsatélites ha servido para observar el grado de afinidad entre los genotipos de AR; así se ha encontrado en EE.UU., que el AR de glumas de color pajizo y marrón estuvieron más relacionados con el grupo indica de *O. sativa*, mientras que el negro con el grupo de silvestres, *O. rufipogon* (Vaughan *et al.*, 2001).

En Venezuela, Davaus y Zamora (2005) encontraron entre 0,81% a 3,75% porcentaje de hibridación natural cuando se cruzaron el AR de glumas negras sin arista (padre) y la variedad ZETA 15® (madre) en parcelas donde coexistieron la variedad con la maleza, correspondiendo estos valores a las densidades de AR en interferencia de 5 y 35 pl m⁻², respectivamente.

La incertidumbre sobre si el AR que se encuentra en la semilla certificada son formas varietales o típicas motivó el desarrollo de esta investigación para dar un aporte sobre el conocimiento de la biología de los genotipos que se encuentran en la semilla certificada, en tal sentido se caracterizaron morfofisiológicamente los genotipos encontrados en lotes de semillas sujetos a certificación por parte del Servicio Nacional de Semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se caracterizaron las plantas que se originaron de los cariópsis de arroz que mostraron el pericarpio de color rojo, encontrados en los lotes de semillas sujetos a certificación del programa del Servicio Nacional de Semillas (SENASA) en el Laboratorio de Semilla del Instituto de Investigaciones Agrícolas- Araure, en el estado Portuguesa.

El muestreo de los lotes lo realizaron los técnicos del SENASA, INIA-Araure. Se tomó una muestra de 2 kilogramos de semillas de arroz con un calador manual en los lotes a verificar la calidad. De esta muestra remitida se tomó 1 kilogramo para el descascarado del arroz y conteo del número de cariópsis rojos presentes en las muestras.

Los cariópsis de AR extraídos de cada lote se colocaron en bolsitas previamente identificada con el nombre del productor de semilla, número de lote, fecha de muestreo, variedad de arroz a certificar y número de semillas encontradas.

Estos cariópsis fueron llevados al Laboratorio de Semillas de la Facultad de Agronomía-UCV y se sembraron sobre papel toalla en potes plásticos con malla, se regaron con agua destilada y se les aplicó una solución de carboxin + thiram al 1% todos los días hasta que alcanzaron de 2 a 3 hojas, posteriormente se realizó el transplante a potes contentivos de 5 kg de suelo (1 planta por pote) y se colocaron en el invernadero del Instituto y Departamento de Agronomía (FAGRO-UCV). Así mismo, se sembraron en igualdad de condiciones semilla genética de las variedades Cimarrón, FONAIAP 1, Fedearroz 50, ZETA 15[®] y D-Sativa, repetidas 5 veces, las cuales fueron considerados como tratamientos control.

El invernadero tuvo una temperatura promedio de 33 °C, con una mínima de 25 °C y máxima 42 °C, una duración del día de 12 h, humedad relativa promedio de 85% y luz promedio de 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El suelo utilizado pertenece a la serie Maracay, Fluventic Haplustolf, Francosa gruesa isohiper-térmica.

Una vez desarrolladas las plantas individuales se evaluaron las variables siguientes: (1) Altura de planta hasta la hoja más larga; (2) Altura de planta hasta la panícula; (3) Número de macollos por planta; (4) Número de panícula por planta; (5) Hábito de crecimiento; (6) Posición de la hoja bandera; (7) Longitud de la hoja bandera; (8) Ancho de la hoja bandera; (9) Longitud de la panícula; (10) Color de las glumas y pericarpio; (11) Número de días floración; (12) Número de semillas.plantas⁻¹; (13) Peso de 1000 semillas; (14) Porcentaje de desgrane; (15) Largo de la semilla; (16) Ancho de la semilla y (17) Espesor de la semillas y cariópsis (Muñoz *et al.*, 1993).

Análisis estadísticos

Se utilizó la estadística descriptiva, para todas las variables involucradas en este estudio utilizando la hoja de Excel (Microsoft).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra que se encontró que el 85% de las semillas de AR tuvieron glumas de color pajizo igual que las variedades de arroz. Así mismo, se halló menos proporción con coloraciones negra (13%) y marrón (2%).

Las variedades que mostraron AR de glumas negras fueron Fedearroz 50 (66,70%) y D-Sativa (33,30%) y la maleza de glumas marrón sólo se encontró en Fedearroz 50.

La coloración pajiza de las glumas observada en la mayoría de los genotipos evaluados muestra la evolución que ha tenido el AR dentro de los campos de producción de semillas de arroz cuya tendencia ha sido mimetizarse con el cultivo de manera de pasar desapercibido durante la depuración de las áreas de multiplicación y así sobrevivir y perpetuarse en el banco de semilla de malezas del suelo.

CUADRO 1. Distribución porcentual de la coloración de las glumas y presencia de arista de los arroces rojos recolectados en lotes de semilla de arroz durante el proceso de certificación de semillas por parte del SENASEM-INIA en Araure, Portuguesa. Año 2004.

Color de las glumas (%)		Presencia de arista (%)	
Pajizas	85	Sin arista	73
Negras	13	Aristado	27
Marrón	2		

Tamaño de las aristas*		
	Larga (> 9 cm)	
	Media (3-8 cm)	54
	Corta (< 3 cm)	38
		8

*El porcentaje se refiere sobre el total de individuos que presentaron arista, clasificación arbitraria realizada por los autores.

Cuando una semilla de arroz llega al SENASEM con AR de glumas negras o marrón indica que esos campos no fueron supervisados adecuadamente por ende se pudiera decir que en estos casos hubo fallas en el control de calidad porque estos tipos de AR se diferencian muy bien de las variedades.

CUADRO 2. Distribución porcentual del largo, ancho, espesor y relación largo/ancho de los arroces rojos recolectados en lotes de semilla de arroz durante el proceso de certificación de semillas por parte del SENASEM-INIA en Araure, Portuguesa. Año 2004.

Largo (L)		Ancho (A)		Espesor (E)		Relación L/A	
8-8,9 mm	(75%)	>2,61 mm	(71%)	1,86-2 mmm	(60%)	<3,53	(92%)
> 9 mm	(17%)	2,35-2,60 mm	(27%)	<1,86 mm	(27%)	3,53-4,09	(8%)
7-7,9 mm	(8%)	<1,91 mm	(2%)	>2 mm	(13%)		
Var. 8,28-10,16 mm		Var. 2,35-2,60 mm		Var. 1,86-2 mm		Var. 3,53-4,09	

Var.: Variedades

Se observó que el 73% de los AR evaluados no presentaron aristas y el 27% si la mostraron (Cuadro 1). Igual que en el caso del color de las glumas pajizas esta maleza en la producción de semilla se está pareciendo más al cultivar que a los tipos silvestres por ello la presencia de arista quizás la ha ido cambiando por tipos sin aristas para disminuir la erradicación durante la depuración y así permanecer en los campos.

Así mismo, cuando se evaluó el tamaño de las aristas en los genotipos que la presentaron se encontró que el 54% de los AR mostraron arista medias (3 a 8 cm); 38% tuvieron aristas cortas (< 3 cm) y sólo el 8% presentaron aristas largas (> 9 cm). Los genotipos con aristas estuvieron en las variedades Fedearroz 50 (62%) y D-Sativa (38%). Cabe destacar que la variedad Fedearroz 50 presentó en uno de sus lotes un arroz silvestre de la especie *Oryza rufipogon* americana (*O. glumaepatula*) reconocido por presentar aristas de más de 9 cm de color rosado y plantas muy altas, lo que indica fallas en el control de calidad en el campo donde se produjo este cultivar.

En el Cuadro 2 se muestra 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 las variedades Cimarrón (8,28 cm) y D-Sativa (9,16 mm). El 17% mostraron granos mayores a 9 mm, de estos el AR D-Sativa 56-04 mostró granos con 9,77 mm, muy similar a las dimensiones de ZETA 15. También se encontró que tres AR se ubicaron entre las dimensiones de Fedearroz 50 y D-Sativa; 27 AR quedaron entre las dimensiones de las variedades D-Sativa y Cimarrón.

Estos resultados muestran que la mayoría de los AR encontrados en campos de producción de semilla de arroz tienen dimensiones parecidas a las variedades de arroz cultivadas en el país, razón por la cual se hace tan difícil la depuración de los campos.

En el mismo Cuadro 2 se muestra que el 71% de los AR evaluados tuvieron el ancho de los granos paddy 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 delgados de 1,91 mm, correspondiendo a un arroz silvestre de la especie *O. rufipogon* americana (*O. glumaepatula*).

A diferencia del parecido en longitud del grano entre los AR y las variedades de arroz evaluadas, el ancho de los granos permitió diferenciarlos, quizás se pueda explicar debido a que la maleza en el proceso de evolución trata de tener un parecido al largo de los granos, sin embargo, conserva su característica silvestre de granos anchos.

El 60, 40% de los granos paddy de AR mostraron tener un espesor entre 1,86 a 2,00 mm (Cuadro 2) similar al de las variedades de arroz, de estos el 25% se ubicaron entre cimarrón (1,89 mm) y Fedearroz 50 (1,96); 19% entre FONAIAP 1 (2,00 mm) y Fedearroz 50; 12% mayor a FONAIAP 1; 8% entre D-Sativa (1,64 mm) y ZETA 15 (1,88 mm) y 6% entre ZETA 15 y Cimarrón. 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).

El espesor de los granos mostró similar comportamiento que la longitud de los granos, la mayoría de los AR evaluados tuvieron la tendencia a tener granos largos y de menor espesor como las variedades, caso contrario ocurrió con el ancho de los granos de los AR, los cuales valores mayores que los cultivares.

En el Cuadro 2 se observa que sólo el 8% de los AR evaluados mostraron una relación largo/ancho similar a las variedades de arroz (paddy 3,53-4,09). El 92% de la maleza mostró una relación largo/ancho menor en paddy a 3,53.

La relación largo/ancho no referencia el parecido de los granos de AR con las variedades como las variables largo y espesor, en este caso quedaron individuos con granos cortos con anchos pequeños con las misma relación que las variedades, por ejemplo el silvestre que para nada se parece a las semillas de los cultivares tuvo una relación largo.ancho⁻¹ de 4,05. De los 4 AR con similar relación largo.ancho⁻¹ con las variedades, tan solo 3 de los lotes D-Sativa 63-04; 04-04 y 05-04 se parecen en longitud del grano paddy a las variedades de arroz.

En el Cuadro 3 se observa que el 58% de los arroces evaluado mostraron un hábito de crecimiento erecto, similar a las variedades de arroz. Esta gran proporción de AR con el hábito de crecimiento similar a las variedades conduce a pensar que el AR en la producción de semilla tiende a mimetizarse con el cultivo quizás para evadir la depuración de los lotes y perpetuarse en el banco de semilla del suelo.

CUADRO 3. Distribución porcentual del hábito de crecimiento, posición, longitud y ancho de la hoja bandera de los arroces rojos recolectados en lotes de semilla de arroz durante el proceso de certificación de semillas por parte del SENASEM-INIA en Araure, estado Portuguesa. Año 2004.

Hábito de crecimiento	Posición de la hoja bandera	Longitud de la hoja bandera	Ancho de la hoja bandera
58% erecto	54% erecto	23,57-37,63 cm (63%)	11,3-15,7 mm (54%)
42% intermedio	29% semirrecto	<23,57 cm (33%)	8-11,3 mm (33%)
	15% intermedio	>37,63 cm (4%)	>15,7 mm (13%)
	2% descendente	Var. 23,57-37,63 cm	Var. 11,3-15,7 mm

Var.: Variedades

Ortiz (1997), encontró que los AR evaluados provenientes de fincas de producción de granos de arroz tuvieron hábito de crecimiento intermedio y abierto, contrastando con los resultados obtenidos en este trabajo donde la mayoría de los AR mostraron hábito erecto. Esto sugiere que si ha habido un cambio en el fenotipo de la planta de AR que ha evolucionado conjuntamente con las variedades de arroz en la producción de semillas.

El 54% del AR mostró posición de la hoja bandera erecta, similar a las variedades; 29% semierecta, 15% intermedia y 2% descendente (Cuadro 3).

La posición de la hoja bandera conjuntamente con las variables altura de planta, hábito de crecimiento, largo de los granos, mostraron el parecido de la mayoría de los AR provenientes de lotes de semillas a las variedades de arroz, lo que indica que hay una presión de selección efectuada por las depuraciones en campos de semillas que selecciona las formas similares a las variedades para con ello mantenerse en el banco de semilla del suelo y perpetuarse en esas áreas de producción.

En el Cuadro 3 se puede observar que 63% de AR tuvieron entre 23,57 a 37,63 cm de longitud de hoja bandera, correspondiendo estos valores a las dimensiones expresadas por las variedades de arroz Fedearroz 50 con 33,63 cm; Cimarrón con 27,73 cm; FONAIAP 1 con 27,50 cm; ZETA 15 con 27,47 y D-Sativa con 23,57 cm.

En el mismo cuadro se muestra que el ancho de la hoja bandera de los AR en 54% osciló entre 11,3 a 15,7 mm., parecido a las variedades de arroz, el 33% AR tuvo el ancho de la hoja bandera menor a las variedades de arroz y el 13% AR mayor.

El parecido de las dimensiones de la hoja bandera de los AR con las variedades de arroz también explica la tendencia de los AR a mimetizarse con el cultivo.

El Cuadro 4 muestra que el 58% de los AR tuvieron similar altura hasta la panícula que los cultivares y 6% fueron más altos. En este caso se halló un 36% de la maleza con menor altura que las variedades, es decir que un 94% de AR fue de igual o menor altura de planta que las variedades.

Estos resultados son interesantes ya que son indicadores del parecido que el AR ha logrado establecer a través de la selección realizada con las depuraciones periódicas en campos de semillas, logrando esta maleza camuflarse con las variedades y evitar su erradicación de los lotes.

Peña (1999) evaluó 14 AR y 4 arroz silvestre (*O. rufipogon* americana), proveniente de campos de producción de granos de arroz, encontrando que todos fueron entre 47 a 89 cm más altos que la variedad FONAIAP 1; contrario a los resultados encontrados en este trabajo donde se muestra que la mayoría de los AR hallados en lotes de semillas tuvieron similar altura a las variedades evaluadas.

CUADRO 4. Distribución porcentual de la altura de planta hasta la panícula, número de macollos planta⁻¹, panícula planta⁻¹ y días a floración de los arroces rojos recolectados en lotes de semilla de arroz durante el proceso de certificación de semillas por parte del SENASEM-INIA en Araure, Portuguesa. Año 2004.

Altura de planta hasta la panícula		Nº macollos planta ⁻¹		Nº panículas planta ⁻¹		Días a floración (DDS)	
86-113,27 cm	(58%)	9-15 mac	(65%)	11-14 pan	(35%)	87-98,33 DDS	(47%)
79,45-86 cm	(21%)	21-32 mac	(23%)	17-32 pan	(23%)	>90,33 DDS	(40%)
< 74,45 cm	(15%)	16-17 mac	(8%)	5-9 pan	(17%)	82-87 DDS	(13%)
>113,47 cm	(6%)	8 mac	(4%)	10 pan	(15%)		
Var. 79,45 - 113,47 cm		Var. 8-18,33 mac		Var. 7,5 - 17 pan		Var. 83,67-98,33 DDS	

Var: variedades

En el mismo Cuadro 4 se puede observar que el número de macollos fue variable entre las variedades de arroz y también en la maleza. Hubo 11 genotipos de AR (23%) que mostraron de 21 a 32 macollos, superior incluso a la variedad más macolladora de este estudio, Cimarrón, de similar manera se encontraron 31 AR (65%) con 9 a 15 macollos (entre Fedearroz 50 y ZETA 15); 4 genotipos AR (8%) con 16 a 17 macollos (parecido a D-Sativa) y por último 2 AR (4%) similar a FONAIAP 1 con 8 macollos

El número de macollos no ha sido una variable que permita diferenciar al AR de las variedades en los estudios conducidos en el país; encontrándose en condiciones de invernadero desde 8 a 13 macollos por planta en los AR evaluados (Ortiz, 1997); 22 a 42 macollos por planta en otro estudio conducido por Gómez (2002). Estos resultados coinciden con el presente estudio donde se ha encontrado una gran variabilidad en la producción de macollos de los AR encontrados en lotes de semilla.

En el Cuadro 4 se observa que la distribución de las panículas por plantas de los AR tuvo un comportamiento similar al número de macollos, encontrándose que la mayor proporción estuvo comprendida entre 11 a 14 panículas pl^{-1} con un 35%, le siguió en orden de importancia con 23% entre 17-32 panículas pl^{-1} . Las variedades mostraron un amplio rango de panículas pl^{-1} (7,5 a 17 panículas), resultando las de mayores valores en este estudio Cimarrón y D-Sativa, y de menor número de panículas por planta FONAIAP 1.

El 47% de los AR mostraron coincidencia en la floración con las variedades de arroz (87-98,33 días después de la siembra, DDS); 40% fue más tardío que las variedades y 13% más precoz (Cuadro 4).

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.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Ortiz Domínguez *et al.* (1999), que mostraron que la floración de los AR provenientes de campos de producción de grano en Venezuela oscilaron entre 87,50 a 94,54 DDS y las variedades entre 68,9 a

99,87 DDS, encontrándose sincronización entre algunos cultivares y AR.

En el Cuadro 5 se puede observar que el 83% de los AR mostraron similar tamaño de panículas que las variedades de arroz (entre 20-28 cm); 13% fueron las más pequeñas (14-19 cm) y 4% las más largas (28,5 a 30 cm).

Las panículas de AR recolectados en lotes de semillas mostraron similar longitud que las variedades que aunado a las otras características de la planta que han cambiado como altura de planta, longitud del grano, posición de la hoja bandera y hábito de crecimiento, permite al AR mimetizarse con el cultivo de semilla y pasar desapercibido durante la depuración de los campos.

El 34% de los AR produjeron entre 690-1000 semillas por planta como las variedades FONAIAP 1, Fedearroz 50 y D-Sativa; 29% entre 465-693 semillas por planta; 19% tuvieron 1000-1594 semillas por planta como Cimarrón y ZETA 15; 10% entre 1594-2500 semillas por planta y 8% 104-278 semillas por planta (Cuadro 5).

Es importante mencionar que el grupo que mostró entre 104-278 semillas por planta mostraron el mayor porcentaje de desgrane (66,23 a 82,13%).

La gran cantidad de semillas producidas por los AR revelan su gran capacidad de alimentar el banco de semilla de malezas del suelo a través de la lluvia de semillas que se incorpora al mismo. Estas semillas que se agregan al suelo pudieran presentar diferentes grados de latencia, agravando aún más la situación y dificultando el control de esta maleza.

Resultados similares fueron obtenidos por Ortiz Domínguez *et al.* (2002); quienes observaron una alta producción de semillas por planta de los AR colectado en campos de granos la cual osciló entre 562 a 941,81 bajo condiciones de invernadero. Las variedades produjeron entre 180,69 a 656,56 semillas pl^{-1} , algunas de las cuales mostraron similar producción que la maleza.

El 41% de los AR presentaron desgrane entre 20-49%; 25% menos de 9% (en este segmento se ubicaron las variedades); 21% entre 10 a 17% y 13% entre 50-80% de desgrane (Cuadro 5).

CUADRO 5. Distribución porcentual de la longitud de la panícula, número de semillas por planta, porcentaje de desgrane y peso de 1 000 semillas de los arceses rojos recolectados en lotes de semilla de arroz durante el proceso de certificación de semillas por parte del SENASEM-INIA en Araure, Portuguesa. Año 2004.

Longitud de la panícula		Número de semilla por planta		% Desgrane		Peso de 1 000 semillas	
20-28,13 cm	(83%)	690-1 000 sem pl ⁻¹	(34%)	20-49%	(41%)	23,25 g	(42%)
14-19cm	(13%)	65-693 sem pl ⁻¹	(29%)	< 9%	(25%)	17-22,7 g	(27%)
28,5-30 cm	(4%)	1 000-1 594 sem pl ⁻¹	(19%)	10-17%	(21%)	26-28 g	(17%)
Var 20,63-28,13		104-278 sem pl ⁻¹	(8%)	50-80%	(13%)	29-31 g	(4%)
		Var		Var. 0,09 - 1,64%		Var:	
		Cimarrón	1 594 sem pl ⁻¹			FONAIAP	28,90 g
		ZETA 15®	1 030 sem pl ⁻¹			ZETA 15®	26,12 g
		D-Sativa	913 sem pl ⁻¹			Fedearroz 50	25,16 g
		FONAIAP 1	720 sem pl ⁻¹			D-Sativa	23,08 g
		Fedearroz 50	693 sem pl ⁻¹			Cimarrón	23,06 g

Var: variedades

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 quizás la latencia para alcanzar el éxito ecológico.

Resultados similares a estos fueron encontrados por Ortiz *et al.* (2000), quienes observaron que el porcentaje de desgrane en los AR estuvo comprendido entre 17,27-82,98 %. Igualmente, Peña (1999), estudió rangos de desgranados en esta maleza entre 9,38 a 71,66%.

El 42% del peso de 1000 semillas de los AR estuvo comprendido entre 23-25 gramos similar a las variedades Fedearroz 50, D-Sativa y Cimarrón; 27% fueron livianos entre 17 y 22,7 g; 17% tuvieron granos pesados entre 26-28 gramos correspondiendo también al peso de las variedades FONAIAP 1 y ZETA 15 y sólo 4% mostraron granos más pesados que los cultivares de arroz (Cuadro 5).

Los granos más pesados correspondieron con los granos más largos. Los granos de los AR más pesados (lote 05-04) tuvieron los granos largos y delgados de las mismas dimensiones que la variedad D-Sativa.

Los AR recolectados en lotes de semillas tienden a ser tan pesados y largos como las variedades.

CONCLUSIONES

- La evaluación de la morfología de la planta y semillas de los AR provenientes de lotes de semillas mostró que las características del color de las glumas, presencia de arista, longitud y espesor de los granos, hábito de crecimiento, posición de la hoja bandera, longitud de la hoja bandera, ancho de la hoja bandera, floración, longitud de la panícula, altura de planta, macollamiento, número de panículas, número de granos por planta y peso de 1000 semillas, en una gran proporción de los AR se asemejaron a los encontrados en las variedades.
- Los granos del AR fueron más anchos que las variedades y sus panículas mostraron alto y medio desgrane, diferenciándose de las variedades de arroz, lo que quizás indica que su cambio no ha sido necesario para su evolución en campos de semillas.
- La mayoría de los AR evaluados en este estudio quizás están evolucionando a formas llamadas varietales para mimetizarse con los cultivares de arroz con el fin de permanecer por muchos años en el banco de semillas de malezas del suelo y evitar su erradicación con la práctica de depu-

ración de campos de semilla, que en este caso pudiera haber sido la presión de selección que permitió que ocurriera este cambio en la maleza.

BIBLIOGRAFÍA

- 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. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 75 p.
- Gealy, D., D. Mitten and N. Rutger. 2003. Gene Flow Between Red Rice (*Oryza sativa*) and Herbicide-Resistant Rice (*O. sativa*): Implications For Weed Management. *Weed Technology*. 17:627-645.
- Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de las especies del complejo de malezas arroz rojo en las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 121 p.
- Lu, B. 2004. Gene flow from cultivated rice: ecological consequences. Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai, China. [Revista en línea]. Disponible en: <http://www.isb.vt.edu/> [Consultado: 2004 mayo, 22].
- Machado, J. 2004. Comercialización de semilla de arroz. **In:** Curso Taller de Producción de Semilla de Arroz: Libre de arroz rojo. UCV-FAGRO. Maracay, Aragua. Venezuela [Revista en línea]. Disponible en: <http://www.arrozrojo.info.ve/> [Consulta: 2006, enero 23]
- Messeguer, J., C. Fogher, E. Guidorni, V. Marfa, M. Catalá, G. Baldi and E. Melé. 2001. Field assessments of gene flow from transgenic to cultivated rice (*Oryza sativa* L.) using an herbicide resistance gene as trace marker. *Theor. Appl. Genet.* 103:1 151-1 159.
- Muñoz, G., G. Giraldo y J. Fernández. 1993. Descriptores Varietales: arroz, fríjol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira. Colombia. 15-44 p.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 1999. Consensus document on the biology of *Oryza sativa* (rice). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology N° 14. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. [Revista en línea] Disponible en: <http://www.oecd.org/ehs/>. [Consultado: 2005, octubre 22]
- Ortiz, A. 1997. Caracterización Morfológica y Quimiotaxonómica de Ecotipos de Arroz Rojo y Variedades de Arroz en Venezuela. Tesis de Postgrado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 p.
- Ortiz, A. 2004. Biología, ecología del arroz maleza/rojo en Venezuela. **In:** Curso de Actualización en el manejo integrado de malezas en arroz. UCV-FAGRO. Maracay, Aragua. Venezuela. [Revista en línea]. Disponible en: www.arrozrojo.info.ve/ [Consulta: 2006, enero 23]
- Ortiz Domínguez, A., L. López y J. Lizaso. 1999. Desarrollo y caracterización morfológica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. *Agronomía Trop.* 49(1):51-57.
- Ortiz, A., L. López y J. Lizaso. 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 en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 26:15-25.
- Ortiz Domínguez, A., L. 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 Venezuela. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 88 p.
- Peña, J y A. Ortiz Domínguez. 2001. Determinación por comparación taxonómica de las especies involucradas en el complejo de malezas denominado arroz rojo (*Oryza Poaceae*) de las zonas arroceras de Venezuela. *Agronomía Trop.* 51(1):439-451.

Vaughan, K., B. Ottis, A. Prazak-Havey, C. Sneller, J. Chandler and W. Pak. 2001. Is all red rice found in commercial rice really *Oryza sativa*. *Weed Sciences* 49:468-476.

Vaughan, D. and N. Tomooka. 1999. Wild rice in Venezuela. [Revista en línea]. Disponible en: http://www.gramene.org/newsletters/rice_genetics/rgn16/v16_p15.html. Consulta: 2006, febrero 4]

CARACTERIZACIÓN DEL ARROZ ROJO PROVENIENTE DE LOTES DE SEMILLA DE ARROZ PARTE II

CHARACTERIZATION OF RED RICE COMES FROM LOTS OF RICE SEED PART II

Aída Ortiz Domínguez *, Antonio Pérez**, Jesús Ochoa*** y José Vicente Lazo****

* Profesora Agregado y **** Profesor Titular. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Aragua.
E-mail: ortiza@agr.ucv.ve, josevicente.lazo@gmail.com.

Técnico Agregado a la Investigación e *Investigador II. INIA. CIAE-Portuguesa. Araure, estado Portuguesa.
E-mail: jochoa@inia.gob.ve

RESUMEN

A pesar de las medidas preventivas, actualmente utilizadas, para evitar la contaminación, la producción de semilla de arroz, *Oryza sativa* L., en Venezuela está siendo seriamente amenazada por la presencia de arroz rojo (AR). El objetivo de este trabajo fue clasificar los AR provenientes de lotes de semilla certificada de arroz en el estado Portuguesa, según el grado de afinidad con las variedades FONAIAP 1, FEDEARROZ 50, D-Sativa; ZETA 15® y Cimarrón. Se evaluaron las características de morfología de la planta y de los granos. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis multivariado por componentes principales y de conglomerados de árbol jerarquizado, usando la distancia Euclidiana. El análisis de conglomerado mostró que se formaron 7 grupos, de los cuales los primeros cuatro correspondieron a 32 AR y 1 silvestre (*O. rufipogon*), que se pudieron diferenciar y no se asemejaron a las variedades, mientras que los últimos tres grupos tuvieron 15 AR (32%), los cuales se pueden considerar varietales debido a su alta afinidad con las variedades de arroz evaluadas en este estudio. Por su gran parecido en altura de planta y floración con el arroz cultivado, se considera que 29 AR (60,41%) pertenecientes a los grupos I y III, pudieran estar evolucionando hacia formas varietales. Solamente se encontró 8,33% de AR con características contrastantes con las variedades de arroz.

Palabras Clave: Arroz; *Oryza sativa* L.; arroz rojo; varietales; producción de semilla.

SUMMARY

Red rice (RR) continues to be a serious threat to rice seed production, *Oryza sativa* L. The objective of this work was to classify RR coming from lots where certified rice is grown, according to their affinity with the varieties of rice FONAIAP 1, FEDEARROZ 50, D-Sativa; ZETA 15® and Cimarrón. Some morphologic characteristics of the plant and grain were evaluated following rice variety descriptor, using Multivariate analysis for principal component and Hierarchical clustering (Euclidian distance). The cluster analysis showed that 7 group were formed. The first four of them corresponded to 32 RR and 1 wild rice (*Oryza rufipogon*), which could be easily distinguished from the varieties. The last three groups had 15 RR that could be considered as weedy rice-variety types due to their affinities with the varieties evaluated in this study. Due to its great similarity in plant height and flowering time with rice varieties, it is considered that 29 RR (60.41%) included in the groups I and III, could be evolving towards Weedy rice-variety types. Only 8.33% of RR had substantial differences in morphologic characteristics with the rice varieties evaluated.

Key Words: Rice; *Oryza sativa* L.; red rice; Weedy rice-variety types; seed production.

RECIBIDO: noviembre 21, 2006

APROBADO: febrero 14, 2007

INTRODUCCIÓN

El arroz rojo (AR) representa actualmente uno de los problemas más graves en la producción de semilla de arroz, *Oryza sativa* L., en Venezuela, al cual hay que buscarle solución de manera urgente para reducir los niveles de infestación de las áreas arroceras.

En la literatura mundial se hace mención de que el AR se conoce desde hace varios siglos. Trabajos, particularmente desde India, describen al AR como un tipo silvestre que se desarrolla a lo largo de los bordes de los campos y canales. Diferentes estudios han incluido al AR dentro de la misma especie del arroz cultivado (*O. sativa* L.), sin embargo, los científicos se han puesto de acuerdo en que el origen del AR se debe al grupo complejo de arroz silvestre *O. sativa* L. Var. *fatua* Prain y ha sido modificado grandemente desde su introducción por hibridación natural con el arroz cultivado (Craigmiles, 1978). Sin embargo, Oka y Morishima (1999), aducen que se debería llamar complejo *O. perennis* al antecesor de los arroces silvestres en el mundo a pesar de que no es taxonómicamente correcto, pero ayuda a evitar la confusión que se ha generado.

Así mismo, se considera que el AR se puede clasificar en dos grupos según su origen, uno desarrollado simpátricamente con el arroz silvestre y variedades de arroz y el otro también de manera simpátrica con el arroz cultivado solamente. Se estima que el arroz maleza ha sido seleccionado desde los híbridos naturales entre el arroz silvestre y los cultivares de arroz, formándose tipos, por ejemplo, como los que se desarrollan adentro del arrozal, que se parecen más a las variedades, y los que se establecen en las afueras que se parecen a los silvestres, estas diferencias de caracteres entre plantas adentro y afuera sugiere que el arroz maleza tiene una flexibilidad genética con la cual responde morfológicamente a las condiciones exteriores. Aunque aún no se ha determinado si el arroz maleza ha evolucionado desde formas silvestres a cultivares. Las poblaciones de malezas afines genéticamente que acompañan al cultivo sirven como reservorio de genes que podrían ayudar a la evolución del mismo (Oka y Morishima, 1999).

En la especie *O. sativa* hay un amplio rango de la matriz, sombra y patrones de coloración del pericarpio del cariopsis; estas variaciones incluyen

colores como púrpura, rojo, marrón y amarillo, parciales o completas, así como pueden presentarse moteados o lunares sobre el cariopsis (Takahashi, 1997).

El control genético de la coloración del pericarpio se debe a dos sistemas génicos: el primero se refiere a los genes RcRd, donde Rc controla las manchas rojizas en un fondo marrón y Rd distribuye el color en toda la superficie del pericarpio. Rc posee múltiples alelos que ejercen una acción intensiva en la coloración roja de mayor a menor $Rc > Rc^s > Rc^+$. La interacción entre los alelos Rc y Rd muestran diferentes colores, así se tiene que: (1) RcRd da una coloración roja bien uniformemente distribuida en la superficie del grano; (2) Rc^sRd expresa un color rojo claro uniformemente distribuido en la superficie del grano; (3) $RcRd^+$ se presenta manchas rojizas (moteado) sobre un fondo marrón y (4) Rc^+Rd y Rc^+Rd^+ da un color blanco o beige (Takahashi, 1997).

El segundo sistema génico que explica la coloración roja del pericarpio en algunos genotipos de la especie *O. sativa* es C-A-P. En el caso donde haya sobre o media dominancia en los alelos del locus C, coexiste con el alelo Pl^w del locus P en ausencia del alelo A del locus A. Un ejemplo que puede ilustrar este efecto es el genotipo CA^+Pl^w , que produce un tipo de pigmento de color marrón en el pericarpio como un efecto pleitrópico del alelo Pl^w , (Takahashi, 1997).

La pigmentación del pericarpio en arroz esta controlado por los genes Rc y Rd que se encuentran ubicados en el cromosoma 7, a 52cM de arriba y 65 cM de abajo, respectivamente, Gu *et al.* (2004).

Los compuestos antocianínicos que dan la coloración púrpura al pericarpio en las variedades índicas son cianidina y peonina, mientras que en variedades japónica se ha encontrado malvidina. En las variedades de pericarpio rojizo-marrón el compuesto encontrado es proantocianina (Reddy, 2005).

El pigmento que se origina de los genes Rc y Rd en arroz es proantocianina el cual es producido por un bloqueo en la ruta de la biosíntesis de antocianinas, donde el leucocianidina no se transforma en cianidina, sino que pasa a catecina y luego se transforma a proantocianina. Aún no está completamente dilucidado como es el bloqueo de la ruta de biosíntesis

de antocianinas, pero como no se acumula leucoantocianinas u algún otro flavonoide en el pericarpio se cree que la restricción ocurre al principio de la ruta (Reddy, 2005).

Así mismo, se ha determinado que el gen Rc esta ligado con los genes que codifican el desgrane y la latencia y se ha señalado que 14 pares de bases en el exon del gen Rc se encuentran presente en los AR y ausente en las variedades de arroz la cual se considera una mutación por delección. Este descubrimiento puede usarse como un marcador molecular específicamente en la secuencia polimorfita de estas 14 pb dentro del gen bHLH para observar la contaminación con AR en lotes de semillas certificadas (Sweeney *et al.*, 2006).

Este estudio se planteó con el fin de hacer un aporte sobre la biología del AR proveniente de lotes de semilla certificada de manera de tener herramientas para orientar a los productores de semillas sobre esta problemática en el estado Portuguesa.

El objetivo de esta investigación fue clasificar los AR provenientes de lotes de semilla certificada según el grado de afinidad con las variedades de arroz, en el estado Portuguesa.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se caracterizaron las plantas que se originaron de los cariópsis de arroz que mostraron el pericarpio de color rojo encontrados en los lotes de semillas sujetos a certificación del programa del Servicio Nacional de Semillas (SENASA) en el Laboratorio de Semilla del Instituto de Investigaciones Agrícolas- Araure, en el estado Portuguesa.

Estos cariópsis fueron llevados al Laboratorio de Semillas de la Facultad de Agronomía-UCV (UCV-FAGRO) y se sembraron sobre papel toalla en potes plásticos con malla, regándose con agua destilada, para aplicarseles una solución de carboxin + thiram al 1% todos los días hasta que alcanzaron de 2 a 3 hojas momento en el cual se realizó el transplante a potes contentivos de 5 kg de suelo (1 planta por pote) y se colocaron en el invernadero del Instituto y

Departamento de Agronomía UCV- FAGRO. Así mismo, se sembraron en igualdad de condiciones semilla genética de las variedades Cimarrón, FONAIAP 1, Fedearroz 50, ZETA 15 y D-Sativa, las cuales fueron certificadas al momento de realizar los muestreos de cariópsis de color rojo (tratamientos control). Las variedades se sembraron 5 veces cada una.

El crecimiento de las plantas se desarrolló bajo las condiciones del invernadero, el cual tuvo una temperatura promedio de 33 °C, con una mínima de 25 °C y máxima 42 °C, una duración del día de 12 h, humedad relativa promedio de 85% y luz promedio de 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El suelo utilizado para llenar los potes pertenece a la serie Maracay, Fluventic Haplustolf, Francosa gruesa isohipertermica.

Se evaluaron algunas características morfofisiológicas según el descriptor varietal para arroz de Muñoz *et al.* (1993), tales como: (1) Altura de planta hasta la hoja más larga; (2) Altura de planta hasta la panícula; (3) Número de macollos por planta, mac; (4) Número de panícula por planta, npan; (5) Hábito de crecimiento; (6) Posición de la hoja bandera; (7) Longitud de la hoja bandera; (8) Ancho de la hoja bandera; (9) Longitud de la panícula; (10) Densidad de la panícula (11) Color de las glumas (12) color del pericarpio; (13) Número de días floración; (14) Número de semillas.plantas⁻¹; (15) Número de granos vanos por panícula, ngvp (16) Peso de 1000 semillas; (17) Porcentaje de desgrane; (18) Largo de granos paddy; (19) Ancho de granos paddy; (20) Espesor de granos paddy, egp; (21) relación largo/ancho; granos paddy; (22) Largo de granos cargo; (23) Ancho de granos cargo; (24) Espesor de granos cargo; (25) relación largo/ancho; granos cargo y (26) presencia de arista.

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis multivariado por componentes principales (CP) para determinar cuales de las variables evaluadas describieron mejor a los AR encontrados en los lotes de semilla. Además, se ejecutó un análisis estadístico de conglomerados de árbol jerarquizado, usando la distancia Euclidiana, con un criterio de agregación UPGMA en el paquete estadístico WinStat-IC, versión 1,0-2 Copyright IT CF/CIRAD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra que los 4 primeros CP permitieron explicar el 81,83% de la variación total, proporción altamente significativa del total y que reduce la dimensión de la matriz o datos originales.

El primer CP fue el que presentó la varianza más alta (36, 22%). En este componente se observó una asociación con las variables morfológicas de la planta, tales como: mac, npan; ngvp; número de granos llenos (ngll) y peso de los granos (pg). Así como otras variables asociadas a las dimensiones de los granos, relación largo/ancho tanto del paddy como del cargo (Cuadro 2).

CUADRO 1. Valores propios y proporción de la varianza explicada a partir de la matriz de varianza-covarianza.

Comp	VP	PVTEA	PVTEAC	Histograma
001	6,158	36,225	36,225	=====
002	3,961	23,298	59,523	=====
003	2,378	13,985	73,509	=====
004	1,415	8,322	81,831	=====
005	0,850	5,000	86,831	=====
006	0,694	4,081	90,912	=====
007	0,514	3,024	93,936	=====
008	0,291	1,711	95,647	=====
009	0,262	1,540	97,188	=====
010	0,231	1,357	98,544	=====
011	0,138	0,814	99,359	=====
012	0,050	0,294	99,652	=====
013	0,037	0,220	99,872	=====
014	0,015	0,087	99,959	=====
015	0,004	0,024	99,983	=====
016	0,003	0,016	99,999	=====
017	0,000	0,001	100,000	=====
Total	17 000			

Comp.: Componentes; VP: valor propio; PVTEA: Proporción de la varianza total explicada absoluta; PVTEAC: Proporción de la varianza total explicada acumulada

El segundo CP explicó un 23,29% de la variabilidad total y se observaron valores positivos y significativos con las variables morfológicas de los granos tales como: longitud de los granos tanto cargo como paddy y la relación largo/ancho de cargo y paddy (Cuadro 2).

El tercer CP explicó el 13,90% de la variabilidad total y se relacionó negativamente con las variables morfológicas de la planta: npan; ngvp y ngll, así como con variables de morfología de granos y pg: longitud de los granos paddy y cargo y egp (Cuadro 2).

En la Figura 1 se observa que las variables significativas se ubicaron más cerca del círculo imaginario de radio 1, es decir, las más asociadas al componente estarán más cerca de la unidad, en este caso se ve claramente que las variables relación largo ancho de los granos paddy y cargo en el primer cuadrante y ancho de los granos paddy y cargo (acarg y apadd) en el tercer cuadrante. Otras variables de la morfología de la planta que estuvieron cerca de la periferia fueron nmact, npan y ngll.

La Figura 2 muestra la correlación entre los individuos de AR y las variedades de arroz evaluadas y los CP, donde se observa que los genotipos 26 (*O. rufipogon*), 53 (ZETA 15), 41 (56-04) del primer cuadrante; 30 (62-04) en el segundo cuadrante; 13 y 14 (01-04 planta 1 y 2, respectivamente) en el tercer cuadrante; y por último 4 (05-04) y 50 (FONAIAP 1) en el cuarto cuadrante se salieron del patrón de distribución de los otros individuos.

El análisis de conglomerados arrojó un dendograma (Figura 3) que muestra la formación de 7 grupos cuando se fijó un criterio de corte en la distancia Euclidiana de 50%. Estos grupos fueron organizados según sus características más relevantes y se muestran en los Cuadros 3 y 4.

Grupo I (pajizos sin arista de altura pequeña y granos medios): Formado por 20 genotipos provenientes de diferentes lotes de semilla de las variedades D-Sativa (11), Fedearroz 50 (7) y Zeta 15 (2). El grupo 1 mostró plantas pequeñas, con una producción de macollos y panículas intermedias (11 y 10, respectivamente); hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera erecto; con hoja bandera más largas y anchas que los otros grupos; de floración

tardía (103 días después de la siembra, DDS); mayor longitud de la panícula (25,20 cm); intermedia producción de granos por planta (711 semillas pl⁻¹), con peso de los granos intermedios (18,76 g); intermedio desgrane (23,75%); panículas semicompactas; granos de glumas de color pajizos con pericarpio rojo, semillas pesadas (25,79 g 1 000semillas⁻¹); longitud de los granos paddy y cargo intermedios (8,70 y 6,06 mm); mayor ancho y espesor de los granos paddy y cargo; y mayor relación largo/ancho en paddy y cargo (Cuadro 3 y 4; Figura 4).

Grupo II (negro aristado, altos y de granos medios): Se formó con 3 genotipos provenientes de semillas de la variedad Fedearroz 50, todas más altas que los otros grupos con excepción del IV; con alto

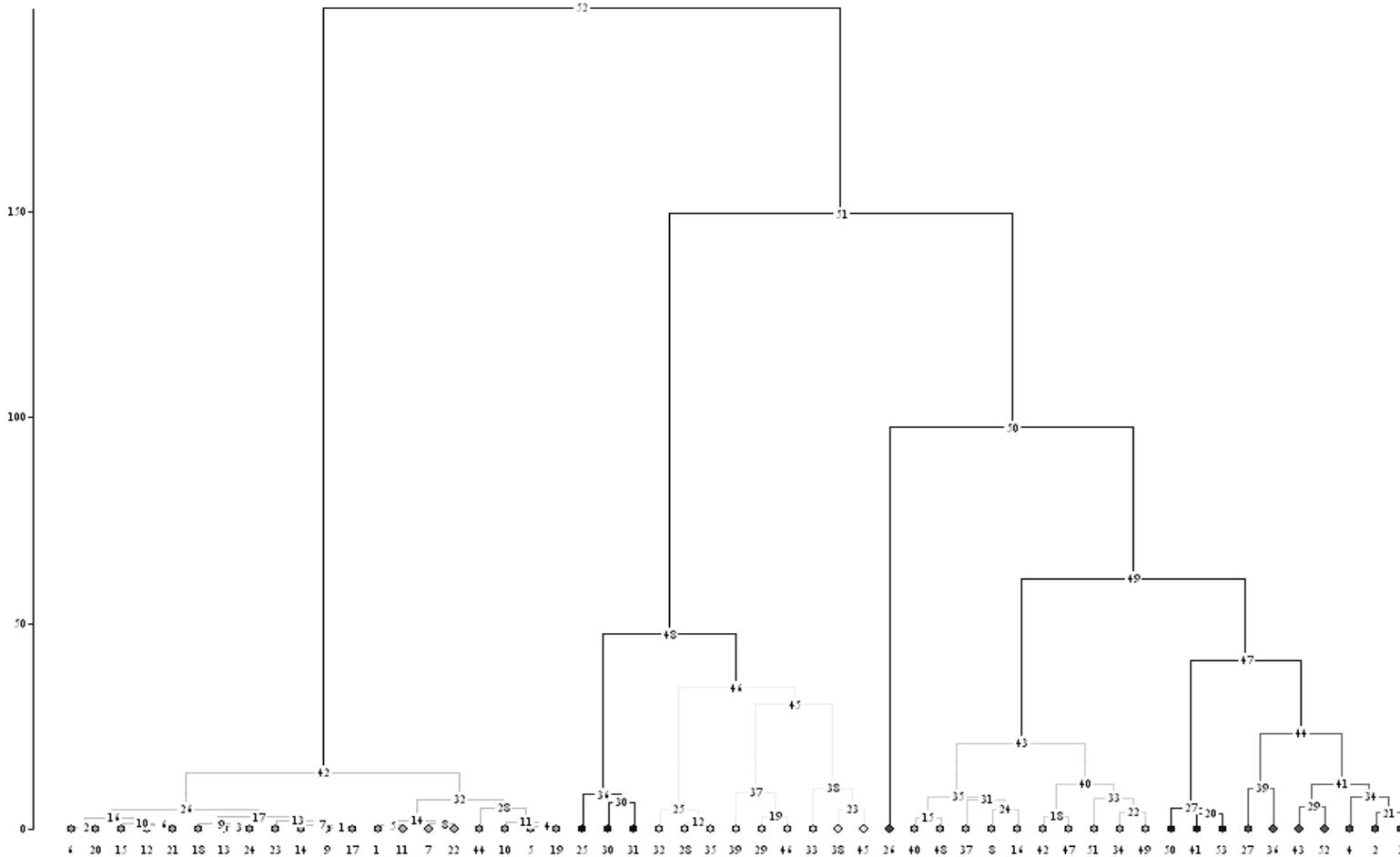
número de macollos y panículas (29 y 27; respectivamente); hábito de crecimiento intermedio; posición de la hoja semierecta; longitud y ancho de la hoja bandera intermedia (24,23 y 9,33 cm, respectivamente); longitud de la panícula media (18,87 cm); alcanzó la floración de manera precoz (85,67 DDS); con una alta producción de semillas (2430,33 semillas pl⁻¹), con gran producción en peso de estas semilla (53,83 g pl⁻¹); medio porcentaje de desgrane (20,70%); panícula compacta; semillas de glumas negras con pericarpio rojo y con arista media; semillas livianas (22,38 g 1 000 semillas⁻¹); granos paddy y cargo pequeños (8,3 y 5,9 mm, respectivamente); ancho y espesor de los granos paddy y cargo intermedio y relación de largo/ancho⁻¹ intermedio (Cuadros 3 y 4; Figura 5).

CUADRO 2. Matriz de vectores propios de la matriz de transformación vía matriz de varianza-covarianza.

Variables activas	QTL	Componente 1			Componente 2			Componente 3		
		Coord	Cos2	CTR	Coord	Cos2	CTR	Coord	Cos2	CTR
mac	71,7	0,749	56,08	9,11	-0,303	9,18	2,32	-0,254	6,43	2,70
npan	78,7	0,674	45,43	7,38	-0,375	14,05	3,55	-0,438	19,20	8,08
lilig	49,5	-0,695	48,25	7,83	-0,083	0,69	0,17	0,073	0,53	0,22
anchb	34,49	-0,584	34,09	5,54	0,089	0,79	0,20	-0,0023	0,05	0,02
longpan	40,8	-0,561	31,47	5,11	0,279	7,77	1,96	-0,123	1,52	0,64
ngranll	87,2	0,436	19,00	3,09	-0,432	18,67	4,71	-0,704	49,58	20,85
ngv	47,3	0,650	42,24	6,86	-0,069	0,47	0,12	-0,215	4,61	1,94
pgran	86,5	0,329	10,86	1,76	-0,361	13,04	3,29	-0,791	62,63	26,34
P1000s	50,2	-0,604	36,54	5,93	0,290	8,40	2,12	-0,229	5,26	2,21
lpadd	89,6	-0,436	18,98	3,08	0,703	49,49	12,50	-0,460	21,15	8,90
apadd	89,0	-0,775	60,04	9,75	-0,517	26,72	6,75	-0,151	2,27	0,95
espadd	77,0	-0,737	54,36	8,83	-0,091	0,83	0,21	-0,467	21,82	9,18
lapadd	97,9	0,409	16,74	2,72	0,893	79,79	20,15	-0,116	1,35	0,57
lcarg	91,9	-0,249	6,20	1,01	0,818	66,89	16,89	-0,433	18,78	7,90
acarg	91,8	-0,813	6,14	10,74	-0,500	21,96	6,30	-0,084	0,71	0,30
ecarg	68,3	-0,699	48,79	7,92	-0,054	0,29	0,07	-0,438	19,19	8,07
lacarg	97,3	0,454	20,61	3,35	0,860	74,03	18,69	-0,164	2,69	1,13
Total				100,00			100,00			100,00

Mac: macollos; npan: número de panículas por planta; llig: longitud de la lígula; ancho de la hoja bandera; anchb: longitud de la hoja bandera; ngranll: número de granos llenos; ngv: número de granos vanos; pgran: peso de los granos; p 1000s: peso de 1000 semillas; lpadd: longitud de los granos paddy; apadd: ancho de los granos paddy; egp: espesor de los granos paddy; lapadd: relación largo ancho⁻¹ paddy; lcarg: longitud de los granos cargo; acarg: ancho de los granos cargo; ecarg: espesor de los granos cargos y lacarlo: relación largo ancho⁻¹ cargo.* los números resaltados en negrillas representa el mayor aporte a la variabilidad del componente.

LEYENDA:			
1	APROSCHELLO D-SATIVA 01-04	G1	G3
5	APROSCHELLO D-SATIVA 06-04-1	G1	G3
6	APROSCHELLO D-SATIVA 06-04-2	G1	G3
7	APROSCHELLO D-SATIVA 06-04-3	G1	G3
9	IANCA FEDEARROZ 50 53-04	G1	G3
10	IANCA FEDEARROZ 50 54-04	G1	G3
11	INPROA RR FEDEARROZ 01-04-1	G1	G3
12	INPROA RR FEDEARROZ 01-04-2	G1	G3
13	INPROA RR ZETA 15 01-04-1	G1	G3
14	INPROA RR ZETA 15 01-04-2	G1	G3
15	INPROA RR FEDEARROZ 02-04	G1	G3
17	INPROA RR FEDEARROZ 04-04	G1	G3
18	DALA D-SATIVA 31-04-1	G1	G3
19	DALA D-SATIVA 31-04-2	G1	G3
20	DALA D-SATIVA 31-04-3	G1	G3
21	DALA D-SATIVA 31-04-4	G1	G3
22	DALA D-SATIVA 33-04-1	G1	G3
23	DALA D-SATIVA 31-04-2	G1	G3
24	STA RITA FEDEARROZ 50 15-04	G1	G3
44	DALA D-SATIVA 65-04-2	G2	G7
25	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 34-04	G2	G7
30	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 62-04	G2	G7
31	IANCA FEDEARROZ 50 67-04	G2	G7
28	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 50-04	G3	G7
29	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 61-04	G3	G7
32	STA. RITA D-SATIVA 08-04	G3	G7
33	STA. RITA D-SATIVA 09-04	G3	G7
35	STA RITA D-SATIVA 11-04	G3	G7
38	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 69-04-3	G3	G7
39	DALA D-SATIVA 56-04-1	G3	G7
45	DALA D-SATIVA 64-04	G3	G7
46	IANCA D-SATIVA 04-04-1	G3	G7
26	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 35-04	G4	G7
8	APROSCHELLO FONAIAP 1 03-04	G5	G7
16	INPROA RR FEDEARROZ 03-04	G5	G7
34	STA RITA D-SATIVA 10-04	G5	G7
37	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 69-04-2	G5	G7
40	DALA D-SATIVA 56-04-2	G5	G7
42	APROSCHELLO D-SATIVA 56-04-2	G5	G7
47	IANCA D-SATIVA 04-04-2	G5	G7
48	IANCA D-SATIVA 05-04	G5	G7
49	CIMARRÓN	G5	G7
51	D-SATIVA	G5	G7
41	DALA D-SATIVA 56-04-3	G6	G7
50	FONAIAP	G6	G7
53	ZETA 15	G6	G7
2	APROSCHELLO D-SATIVA 05-04-1	G7	G7
3	APROSCHELLO D-SATIVA 05-04-1	G7	G7
4	APROSCHELLO D-SATIVA 05-04-1	G7	G7
27	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 39-04	G7	G7
36	APROSCHELLO FEDEARROZ 50 69-04-1	G7	G7
43	DALA D-SATIVA 65-04-1	G7	G7
52	FEDEARROZ 50	G7	G7



ijos recolectado en lotes de semillas. Año 2004.

Grupo III (pajizos, plantas pequeñas y de granos medios con o sin aristas): Conformado por 9 genotipos, 6 provenientes de las semillas de la variedad D-Sativa y 3 de Fedearroz 50; con altura de planta pequeña, alta producción de macollos y panículas (20,22 y 19,22, respectivamente); hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera intermedia; longitud y ancho de la hoja bandera media (22,06 cm y 11,11 mm; respectivamente); longitud de la panícula media (21,33 cm); días a floración intermedio (90,59 DDS); N° granos pl^{-1} media (1 152 granos pl^{-1}); peso granos por planta medio (27,49 g); medio desgrane (20,69%); panículas compactas; glumas pajizas, pericarpio rojo, con y sin aristas; de semillas livianas (22,10 g 1 000 semillas $^{-1}$); de longitud de los granos medios (8,14 mm); ancho, espesor y relación largo/ancho $^{-1}$ medio (Cuadro 3 y 4; Figura 6).

Grupo IV (Silvestre, *O. rufipogon*): En este grupo solamente se encontró un genotipo proveniente del lote de semilla de la variedad Fedearroz 50 lote 35-04. Genotipo alto con gran macollamiento y producción de panículas (25 y 23, respectivamente); hábito de crecimiento intermedio y posición de la hoja descendente; longitud y ancho de hoja bandera media (22,50 cm y 10 mm, respectivamente); longitud de la panícula media (22,80 cm); floración precoz (85 DDS); con poca producción de granos (278 semillas pl^{-1}) y por ende poco peso de granos por planta; alto desgrane (66,23%); panículas compactas; de glumas negras con pericarpio rojo y de glumas muy largas (< 10 cm); granos muy cortos (7,7 mm), delgados con una alta relación largo/ancho (4,07), tal como se observa en los Cuadros 3 y 4; Figura 7.

Grupo V (varietales parecidos a Cimarrón y D-Sativa): formado por 10 genotipos; 5 provenientes de lotes de semillas de la variedad D-Sativa; 2 de Fedearroz 50 y 1 de FONAIAP 1. También se encuentran en este grupo las variedades Cimarrón y D-Sativa. Grupo de plantas de altura pequeña, con intermedia producción de macollos y panículas; hábito de crecimiento intermedio y erecto; posición de la hoja bandera erecta; con gran longitud y ancho de la hoja bandera (26,35 cm y 10,81 mm, respectivamente); longitud de la panícula media (22,19 cm); floración intermedia (91,77 DDS); con moderada

producción de granos por planta (695,57 semillas); intermedio peso de los granos por planta; alto desgrane de algunos AR (16 a 82%) y bajo en las variedades; panículas compactas; glumas de color pajizo, con pericarpio rojo en la maleza y beige en las variedades; con o sin aristas; semillas livianas (21,79 g 1 000 semillas $^{-1}$); granos medios con intermedia relación largo/ancho (Cuadro 3 y 4; Figura 8).

Grupo VI (varietal FONAIAP 1 y ZETA 15): formado por 3 genotipos, uno proveniente del lote de semilla 56-04-03 de la variedad D-Sativa, los otros dos fueron las variedades FONAIAP 1 y ZETA 15. Este grupo mostró plantas de altura pequeña, intermedia producción de macollos y panículas; hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera erecta; hoja bandera larga y ancha; panículas largas, floración intermedia (94,27 DDS); número de granos por plantas intermedio (821 semillas pl^{-1}); desgrane bajo en las variedades, pero alto en el AR; semillas pesadas (26 g 1000 semillas $^{-1}$); granos largos delgados con alta relación largo/ancho $^{-1}$ (Cuadro 3 y 4; Figura 9).

Grupo VII (varietales parecidos a Fedearroz 50): conformado con 7 genotipos, 4 provenientes de lotes de semillas de D-Sativa y 2 de Fedearroz 50, además de la variedad Fedearroz 50. Genotipos con plantas pequeñas, intermedia producción de macollos y panículas (12,85 y 11,38, respectivamente); hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera erecto; hoja bandera larga y ancha (35,85 cm y 15,70 mm, respectivamente); panículas largas (26,49 cm); floración intermedia (100,01 DDS); media producción de granos (1011,27 semillas pl^{-1}); producción de granos pesadas; bajo % de desgrane; panículas compactas; glumas de color pajizo con pericarpio beige en las variedades y rojo en la maleza; con presencia o ausencia de aristas; semillas pesadas (25,87 g 1000 semillas $^{-1}$); granos largos con ancho y espesor intermedio y relación largo/ancho $^{-1}$ media (Cuadro 3 y 4; Figura 10).

Estos resultados indican que el 68% de los AR pudieron diferenciarse de las variedades evaluadas en este estudio y que sólo el 32% de los AR cayeron en las categorías de varietales y que por ende son muy difíciles de erradicarlos de los campos de semilla por su gran parecido al arroz cultivado.

CUADRO 3. Promedio y moda de las variables de morfología de la planta de los grupos obtenidos del análisis de conglomerados derivados del dendograma de la Figura 25 de arroces rojos provenientes de lotes de semillas. Año 2004.

Grupo	Nº genotipos	AH	AP	MAC	PAN	HC	PHB	LHB	AHB	LPAN	Flor	NGLL	PGPL	DESG	DPAN
1	20	93,94	90,65	11,20	10,25	Erecto	Erecto	28,33	14,13	25,20	100,35	711,00	18,76	23,75	semic
2	3	114,03	104,00	29,00	27,00	interm	Erecto	24,23	9,33	18,88	85,68	2430,33	53,83	20,7	compacta
3	9	94,6	85,43	20,22	19,22	interm	Inter.	22,05	11,11	21,33	90,55	1152,00	27,50	20,69	compacta
4	1	102,6	118,50	25,00	23	interm	Descend	22,50	10,00	22,80	85,00	278	4,64	66,23	compacta
5	10	91,64	84,09	15,43	14,10	erecto	Erecto	26,35	10,81	22,19	91,77	695,57	15,90	36,93	compacta
6	3	89,73	83,82	12,72	10,50	erecto	Erecto	25,06	11,77	23,17	94,28	821,00	22,67	10,49	compacta
7	7	103,38	95,44	12,86	11,38	erecto	Erecto	35,85	15,85	26,49	100,05	1011,29	27,78	6,75	compacta
Total	53														

AH: altura de planta hasta la hoja más larga; AP: altura de planta hasta la panícula; MAC: Nº macollos.pl⁻¹; PAN: Nº panículas; HC: hábito de crecimiento; PHB: posición de la hoja bandera; LHB: longitud de la hoja bandera; LPAN: longitud de la panícula; NGLL: Nº granos llenos; PGPL: peso de los granos.planta⁻¹; DESG: % desgrane y DPAN: densidad de la panícula

CUADRO 4. Promedio y moda de las variables de morfología de los granos de los grupos obtenidos del análisis de conglomerados derivados del dendograma de la Figura 25 de arroces rojos provenientes de lotes de semillas. Año 2004.

Grupo	Nº genotipos	CG	CP	P1000S	LP	AP	EP	RL/AP	LC	AC	EC	RL/AC	Arista
1	20	pajizo	rojo	25,79	8,70	2,93	1,95	2,97	6,06	2,54	1,72	2,39	sin
2	3	negro	rojo	22,38	8,32	2,71	1,86	3,07	5,92	2,28	1,63	2,60	media
3	9	pajizo	rojo	22,10	8,14	2,69	1,88	3,02	5,77	2,32	1,67	2,48	sin
4	1	negro	rojo	24,22	7,77	1,91	1,30	4,07	5,52	1,70	1,14	3,25	muy larga
5	10	pajizo	rojo/beige	21,79	8,54	2,52	1,87	3,39	6,19	2,16	1,67	2,85	sin
6	3	pajizo	rojo/beige	26,60	9,91	2,45	1,92	4,05	7,30	2,08	1,69	3,51	sin
7	7	pajizo	rojo/beige	25,87	8,99	2,56	1,91	3,52	6,43	2,25	1,7	2,87	sin
Total	53												

CG: Color de glumas; CP: color del pericarpio; P1000S: peso de 1000 semillas; LP: Longitud de los granos paddy (con glumas); AP: ancho de los granos paddy; EP: espesor de los granos paddy; RL/AP: relación largo.ancho⁻¹ de granos paddy; LC: longitud de los granos cargo; AC: ancho de los granos cargo (sin glumas); EC: espesor de los granos cargo y RL/AC: relación largo.ancho⁻¹ de granos cargo.



FIGURA 4. Semillas de los arroces rojo del grupo I según el análisis de conglomerados derivados del dendograma de la Figura 3. 2004.



FIGURA 5. Semillas de los arroces rojo del grupo II según el análisis de conglomerados derivados del dendograma de la Figura 3. 2004.

- Los 29 AR que conformaron los grupos I y III podrían estar evolucionando hacia formas varietales debido a que los atributos de su morfología y fisiología como altura de planta y floración resultaron parecidas a la del arroz cultivado, lo que hace difícil que durante la depuración se eliminen estas plantas de los lotes de semilla, debido a la difícil diferenciación entre estas formas varietales y la variedad de arroz producida.
- Tan solo 4 genotipos (8,33%) de los evaluados en este estudio reunieron las características contrastantes del AR que pudieran permitir su erradicación en lotes de semilla de arroz, debido a la fácil diferenciación de las variedades.

Reddy, A. 2005. Genetic and molecular analyse of anthocyanin pigmentation pathway in rice. [Revista en línea]. Disponible en: <http://www.irri.org/science/abstracts/pdfs/RGIIIGenetic29.pdf> [Consulta: 2005, agosto 9]

Sweeney, M., M. Thomson, B. Pfeil and S. McCouch. 2006. Caught Red-Handed: Rc Encodes a Basic Helix-Loop-Helix Protein Conditioning Red Pericarp in Rice. *The Plant Cell* 18:283-294.

BIBLIOGRAFÍA

Craigsmiles, J. 1978. Red Rice: Research and Control. Proceedings of a Symposium Held at Texas A&M University Agricultural. Research and Extension Center at Beaumont. 5-6 p.

Gu, X, S. Kianian and M. Foley. 2004. Multiple Loci and Epistases Control Genetic Variation for Seed Dormancy in Weedy Rice (*Oryza sativa*). *Genetics*, Vol. 166, 1503-1516. [Revista en línea]. Disponible en: <http://www.genetics.org/cgi/content/full/166/3/1503> [Consulta: 2005, agosto 9]

Muñoz, G., G. Giraldo y J. Fernández. 1993. Descriptores Varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira. Colombia. 15-44 p.

Oka, H and H. Morishima. 1999. Wild and cultivated rice. Ed. T. Matsuo, Y. Futsuhara, F. Kikuchi and H. Yamaguchi. Science of the rice plant. Volume Three. Genetics. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokio. 88 -110 p.

Takahashi, M. 1997. Inheritance of morphological characters: Pigmentation. Anthocyanin. Ed. T. Matsuo, Y. Futsuhara, F. Kikuchi and H. Yamaguchi. Science of the rice plant. Volume Three. Genetics. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokio. 318 -343 p.

GÉNESIS DE UN SUELO SALINO-SÓDICO DE TUCUPIDO, ESTADO GUÁRICO-VENEZUELA¹

GENESIS OF A SALINE-SODIC SOIL IN TUCUPIDO (GUÁRICO-VENEZUELA)¹

José P. Guerrero-Alves*, Ildefonso Pla-Sentis**, Rafael G. Camacho*, Ángel Valera* y Jairo Ferrer*

¹ Trabajo financiado por la Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela y FONACIT (Proyecto PEM 2001001622).

*Profesores. Universidad "Rómulo Gallegos". Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas (CIESA). San Juan de los Morros 2301, estado Guárico. Venezuela. ** Profesor. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Edafología. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RESUMEN

Este estudio fue conducido para identificar los principales factores y procesos relacionados con la génesis, bajo condiciones naturales, de un suelo salino-sódico (Sodic Haplusterts, fino, esmectítico, isohipertérmico) en Tucupido (Guárico-Venezuela), con clima semiárido. Allí se evaluaron características y propiedades morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas. Valores de pH, sodio intercambiable y conductividad eléctrica del extracto de saturación fueron 7,55-8,34; 2-32% y 1,0-8,7 dS m⁻¹; respectivamente. El NaCl fue la sal dominante (>66% por debajo de 10 cm). Densidad aparente (Da), macroporosidad y conductividad hidráulica saturada correspondieron respectivamente a 1,8-2,2 Mg m⁻³, 4-5% y 3x10⁻⁷-1x10⁻⁵ m s⁻¹. Esmectitas fueron las arcillas dominantes; con cloritas y micas hidratadas también presentes. Adicionalmente, elevadas cantidades de carbonatos de Ca y Mg se encontraron en el suelo (18%). La conclusión es que estos suelos, probablemente, se originaron de la alteración de rocas terciarias (limolitas arcillosas calcáreas), formadas en ambientes sedimentarios con aguas salinas ricas en sodio, dando lugar a suelos salino-sódicos durante la fase árida pleistocénica. Su pobre permeabilidad limitó el lavado de sales durante el período Holoceno más húmedo. Elevadas conductividades eléctricas y alto contenido de CaCO₃ probablemente restringieron elevados porcentajes Na intercambiable (<32%). Las primeras produjeron el colapso del espacio interlaminar de las esmectitas y los segundos indujeron la formación de silicatos hidratados de Ca-Al que podrían actuar como agentes cementantes en el espacio interlaminar de las esmectitas.

Palabras Clave: Vertisoles; carbonato de calcio; esmectitas; densidad aparente elevada.

SUMMARY

Saline-sodic soils, which are rich in salts and sodium, are degraded soils common in zones from subhumid to arid climates. This study was carried out to identify factors and processes related with the genesis, under natural conditions, of a saline-sodic soil (Sodic Haplusterts, fine, smectitic, isohyperthermic) in Tucupido (Guárico-Venezuela), under a semiarid climate. There were evaluated morphological, physical, chemical and mineralogical characteristics and properties of the soil. The pH, exchangeable sodium, and electric conductivity (saturation extract) varied between 7.55-8.4; 2-32% and 1.0-8.7 dS m⁻¹ respectively. NaCl was the dominant salt (> 66% below 0.1-m depth). Bulk density, macroporosity, and saturated hydraulic conductivity varied from 1.8 to 2.2 Mg m⁻³, 4 to 5% and 3x10⁻⁷ to 1x10⁻⁵ m s⁻¹, respectively. Smectites were the dominating clays, but chlorites and hydrated micas there were present too. High quantities of Ca- and Mg-carbonates were also found precipitated in the soil (18%). The conclusion was that these soils were probably formed by alteration of calcareous shales, formed in sedimentary environments in contact with saline waters rich in sodium, to produce saline-sodic soils during the arid phase at the end of the Pleistocene period. The very low permeability of these soils limited salts washing during the wetter Holocene period. High electric conductivities probably would allow the collapse of interlayer space of smectites, and the high content of Ca-carbonates the production of Ca-Al silicate compounds which could be acting as cementing agents in the interlayer space of smectites, and these processes probably could prevented the increase of the exchangeable Na% in the soil to values higher than 32%.

Key Words: Vertisols; calcium carbonate; smectites, high bulk density.

RECIBIDO: junio 16, 2006

APROBADO: marzo 03, 2007

INTRODUCCIÓN

La sodificación es uno de los más extendidos y peligrosos procesos de degradación de suelos del mundo, el cual causa efectos negativos sobre la productividad y producción de cultivos. La sodificación puede ser debida a intervención humana o a factores naturales. En ambas situaciones, la teoría de formación de suelos indica que una específica combinación de factores formadores de suelo (clima, material parental, biota, topografía y tiempo) producirían un tipo particular de suelo sódico. En Venezuela, suelos sódicos y salino-sódicos han sido señalados en varias zonas de importancia agrícola con climas que van desde subhúmedo hasta semiárido (Schargel, 1984; Pla, 1985; Schargel *et al.*, 1988; García-Miragaya *et al.*, 1990; Guerrero, 1998; Guerrero *et al.*, 2002; 2004).

Los suelos salino-sódicos se caracterizan por tener un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) por encima de 15% y/o una relación de adsorción de sodio (RAS) superior a 13 (mmol l^{-1})^{1/2} y una conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación $> 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Salinity Laboratory Staff, 1954; Soil Survey Staff, 1999). Además, el Salinity Laboratory Staff (1954) también señala que el pH de una pasta saturada es comúnmente $< 8,5$ en suelos salino-sódicos. Sin embargo, el pH no es un criterio de diagnóstico para sodicidad (Van Beek y Van Breemen, 1973) porque hay suelos salino-sódicos con valores de pH mayores que 8,5.

Por otra parte, suelos con valores de pH elevados ($> 8,5$) presentan invariablemente grandes contenidos de sodio, lo cual puede ser atribuido a la acumulación de sales de sodio con hidrólisis alcalina (bicarbonatos y carbonatos) como lo señalan varios autores (Cruz-Romero y Coleman, 1975; Gupta y Abrol, 1990; Guerrero *et al.*, 2002; 2004).

Van Beek y Van Breemen (1973) postularon que un inventario de los procesos que pueden determinar la magnitud de la alcalinidad (ALC), y consecuentemente de la alcalinidad residual (ALCR), deberían ser útiles para identificar los factores asociados con la formación de suelos alcalinos. Matemáticamente, la ALCR puede ser expresada en diferentes formas y es totalmente equivalente al carbonato de sodio

residual (CSR) propuesto por Eaton (1950). Una de las formas más útiles es escribirla como sigue:

$$\text{ALCR} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] - [\text{Cl}^-] - 2[\text{SO}_4^{2-}] - [\text{NO}_3^-] \quad (1)$$

donde ALCR es la parte de la ALC asociada a los bicarbonatos y carbonatos de iones monovalentes y los corchetes [] están referidos a las concentraciones molares de las especies en solución acuosa (Guerrero *et al.*, 2004).

La ecuación (1) indica que cualquier incremento en la ALCR debe venir acompañada por un incremento equivalente en la concentración de Na^+ y/o K^+ o en un decrecimiento equivalente en la concentración de aniones (Cl^- , SO_4^{2-} ó NO_3^-) diferentes de bicarbonatos y carbonatos. Como el K^+ es frecuentemente encontrado en bajas cantidades en la solución del suelo, la ALCR podría ser sólo interpretada como la acumulación de sales alcalinas de sodio (bicarbonatos y carbonatos) en el ambiente físico-químico del suelo (Guerrero *et al.*, 2004).

Por tanto, tal como se desprende de la ecuación (1), si en el medio existen incrementos de Na^+ y los contraiones son Cl^- ó SO_4^{2-} no hay ganancia neta de ALCR. Por esta razón, suelos que sólo acumulan NaCl y Na_2SO_4 no deberían considerarse sódicos (o salino-sódicos), aún teniendo valores de RAS elevados (Pla, 1985; Gupta y Abrol, 1990; Guerrero *et al.*, 2004), porque podrían ser desalinizados (y por tanto desodificados) sin necesidad de enmiendas. Esto sugiere que la producción y acumulación de sales alcalinas de sodio es el proceso más importante de sodificación de suelos con elevados valores de pH (Guerrero *et al.*, 2004). Estas sales pueden surgir no sólo de aportes en las aguas que interaccionan con ellos sino, incluso, de transformaciones o procesos que involucran la fase sólida (orgánica o mineral) del suelo.

El propósito de este trabajo fue caracterizar morfológica, física, química y mineralógicamente un suelo salino-sódico de Tucupido (estado Guárico, Venezuela) e inferir su posible génesis en el ambiente fisiográfico de los llanos altos centrales. Se dirige particular atención a factores y procesos que en el suelo podrían estar involucrados en la acumulación de carbonatos de iones divalentes (Ca-Mg) y sales neutras de sodio.

Por otra parte, también se hace énfasis en los atributos de la fase sólida-líquida del suelo que promueven la incipiente producción de sales alcalinas de sodio y en los que limitan la adsorción de sodio en el complejo de cambio a pesar de los elevados tenores de este elemento en la solución del suelo. El suelo objeto de este estudio ha sido tradicionalmente cultivado con maíz y sorgo, con la soca para consumo animal, obteniéndose en esas áreas muy bajos rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio. El área de estudio (elevación alrededor de 100-150 m) está localizada en Tucupido, llanos ondulados centrales del estado Guárico-Venezuela (9 o 15' N y 65 o 46' W). El pedón, en lo sucesivo denominado Travesía, estaba situado (UTM: 856 466 E, 1 025 452 N; aproximadamente) en el tope de una colina donde la pendiente fue <20% en la dirección O-E. La geología de Tucupido, en el área del pedón, estaría caracterizada por lutitas calcáreas del terciario (Guerrero, 1998), con una gran cantidad de esmectitas, posiblemente representativas de la Formación Quiamare (MMH, 1970). Registros climáticos (1967-1983), provenientes de la estación climatológica de Tucupido, muestran una precipitación media anual de 828 mm. Tradicionalmente, el suelo Travesía ha sido cultivado (maíz/sorgo) o pastoreado.

La ubicación del sitio de muestreo (dirigido) fue seleccionada con base en una caracterización química preliminar (Guerrero, 1998) que reveló, para ese entonces, la presencia de un pedón salino-sódico. El pedón seleccionado para este trabajo (Figura 1) corresponde a un inclusión de la unidad C1417, a nivel de Grandes Grupos (mapa de suelos a escala 1:250 000), que se presenta como una asociación de frecuentes Haplusterts y Haplustalfs (MARN, 1999).

A pesar de que estas inclusiones aparentemente no tienen mayor extensión y representación, el suelo fue seleccionado dentro de un contexto más amplio. Constituyó una situación contrastante dentro de diferentes ambientes edafoclimáticos del estado Guárico y Portuguesa (Guerrero, 1998; Guerrero *et al.*, 2002; Guerrero *et al.*, 2004) donde también se identificaron otros factores y procesos que conllevan

a la formación de suelos con sodio. La comprensión de éstos es fundamental para precisar prácticas de manejo, especialmente en aquellas áreas incorporadas al riego, que eviten su formación y la eventual degradación de los suelos.

Descripción del suelo en el campo, muestreo y análisis físicos de campo y laboratorio. La descripción del perfil fue realizada según procedimientos del Soil Conservation Service (1981) y Soil Survey Division Staff (1993). Muestras representativas no disturbadas de suelo (cilindros de suelo) fueron tomadas en superficie con un toma muestra tipo Uhland (Pla, 1983) y en el tope de los restantes horizontes genéticos (calicata escalonada) mediante un procedimiento que permitió esculpir e introducir manualmente un cilindro de suelo en los contenedores metálicos (Guerrero, 1998).

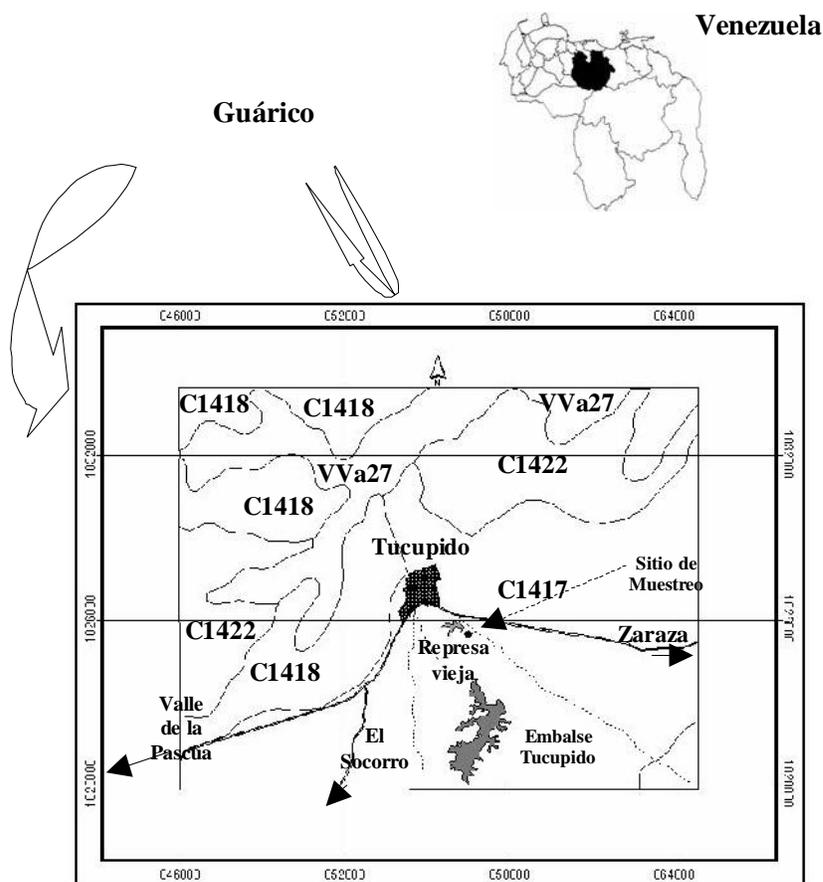
Las muestras no disturbadas se reservaron para análisis físicos de laboratorio (tres determinaciones) que incluyeron conductividad hidráulica en régimen saturado, distribución de macro y microporosidad y densidad aparente (D_a) según Pla (1983). Sobre el tope de cada horizonte genético también se realizaron determinaciones de D_a por el método del hoyo (Pla, 1983).

Las propiedades expansibles del suelo Travesía fueron indirectamente inferidas por la estimación de los coeficientes de extensibilidad lineal (COEL). Los valores de COEL fueron determinados de las diferencias de D_a (Soil Survey Staff, 1999) del suelo húmedo (cilindros de suelo no disturbado) y seco (método del hoyo). La expresión usada en los cálculos fue:

$$\text{COEL} = (D_{as} / D_{ah})^{1/3} - 1 \quad (2)$$

donde D_{as} y D_{ah} son referidas a los valores de D_a en las condiciones seca y húmeda, respectivamente.

Por otra parte, muestras disturbadas de suelo fueron tomadas desde la superficie, cada 10 cm, hasta los 250 cm. Los detalles del muestreo y del procesamiento de las muestras disturbadas para análisis físico se encuentran en Guerrero *et al.* (2004). En las muestras disturbadas destinadas para análisis físico se determinó distribución de tamaño de partículas (método de Bouyoucos) y fraccionamiento de arena (Pla, 1983).



Símbolo	Paisaje	Grandes Grupos Dominantes
C1417	Colinar	Frecuentes Haplusterts-Haplustalfs; Asociación
C1418	Colinar	Abundantes Ustrolepts; Consociación
C1422	Colinar	Frecuentes Haplusterts-Ustrolepts; Gran Grupo
VVa27	Valle	Abundantes Ustrolepts; Consociación

FIGURA 1. Ubicación aproximada del pedón Travesía (UTM: 856 466 E; 1 025 452 N) en el área de estudio (Mapa fuente: MARN, 1999).

Análisis químicos de laboratorio. Los detalles del procesamiento de las muestras con fines químicos se encuentran en Guerrero *et al.* (2004). Estas muestras fueron utilizadas para medir pH (relación suelo-agua 1:5 y pasta saturada) y obtener el extracto de saturación para la determinación de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} (iones solubles), relación de adsorción de sodio (RAS) y CE según la (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Las sales solubles [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, NaCl , Na_2SO_4 , NaHCO_3 y KCl] fueron ajustadas de acuerdo a la composición de iones solubles siguiendo un procedimiento sugerido por Guerrero (1998) para garantizar electroneutralidad en los extractos de saturación. Además, también se determinó la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) presentado por la (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) y carbonatos de

calcio y magnesio (Pla, 1969). Todas las determinaciones químicas representan el promedio de tres determinaciones.

Mineralogía de las arcillas y de las arenas densas.

Los tratamientos de saturación y calentamiento de las muestras de arcilla orientada se realizaron según Jackson (1969) y los espectros de difracción de rayos X fueron registrados con las condiciones delineadas en Guerrero *et al.* (2004). Los minerales identificados se cuantificaron como porcentaje (relativos al área total) con base en los picos de mayor intensidad (Malagón, 1979).

Las fracciones de las arenas densas se analizaron con un microscopio petrográfico (Malagón, 1979). La preparación de las muestras incluyó los procedimientos de Parfenoff *et al.* (1970) y Aleixandre y Pinilla (1968) y se describen con detalle en Guerrero *et al.* (2004). La cantidad de cada mineral identificado fue expresada en porcentaje con base al total de todos los granos minerales identificados. Por otra parte, la proporción de intemperismo (Malagón, 1979) fue determinada como la relación de minerales resistentes (circón + turmalina) / minerales alterables (anfíboles + piroxenos) y fue usada como criterio para verificar posible uniformidad de materiales parentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas y físicas. El pedón salino sódico Travesía fue clasificado como Sodic Haplusterts, fino, esmectítico, isohipertérmico (Soil Survey Staff, 2006) y exhibió una secuencia de horizontes **Ap-B-C** con un espesor del solum de 117 cm (Cuadro 1). Este solum exhibió gran cantidad de grietas en toda su extensión y la presencia de caras de fricción en los horizontes **Bw2** y **Bw3**.

El suelo presenta matices en húmedo que van desde 5Y (gris claro, gris oliváceo claro o gris verdoso) a 10YR (marrón o marrón amarillento) y una textura que fluctuó entre franco limoso (horizontes C1, C2) y franco arcillo limoso (horizontes Ap, Bw3, C3, C4) o arcillo limoso (horizontes Bw1, Bw2).

Los horizontes **B** del suelo Travesía fueron caracterizados por una estructura blocosa subangular (**Bw1**, **Bw2**) o blocosa angular (**Bw3**). Cuando la estructura

blocosa subangular estuvo presente fue media, dura a muy dura y firme, mientras que la estructura blocosa angular fue gruesa, muy dura y extremadamente firme. Con relación a los horizontes **C**, a pesar de que se muestra estructura en el Cuadro 1, hay evidencia para pensar en una condición muy cercana a la masiva y que esta estructura surgió como un “artifact” irreversible por exposición al sol y al aire.

El contenido de arena fue relativamente muy bajo (1-15%) en todo el perfil y elevados porcentajes de limo (> 50%) están presentes en el suelo Travesía desde los 10 cm de profundidad (Cuadro 2). Por otra parte, el contenido de arcilla también fue relativamente alto y generalmente varió entre 23-47%. Aunque el incremento de arcilla en el horizonte B es suficiente para un horizonte argílico, la presencia de carbonatos precipitados y la pedoturbación física bajo la forma de caras de fricción en esa zona del perfil, debido a las grandes cantidades de esmectitas (Cuadro 3), excluyen tal posibilidad (Soil Survey Staff, 1975).

Una fuerte correlación lineal, con *r* negativo ($r = -0,8718$), se presenta entre el porcentaje de arcilla y el porcentaje de limo en el suelo Travesía (Figura 2). Esto sugiere que parte de la arcilla pudo haberse derivado de la desintegración rápida del limo proveniente de la roca parental; posiblemente limolitas calcáreas (gris verdosas, rojas pardas y gris azuladas) pertenecientes a la Formación Quiamare (MMH, 1970). Ninguna correlación importante (r^2 entre 0,0115 y 0,1548) se observó entre los pares de variables restantes correspondientes a las otras combinaciones de las fracciones granulométricas (%A vs. %a y %L vs. %a).

Valores elevados de D_a (1,80-2,17 Mg m⁻³) fueron encontrados en todos los horizontes del suelo Travesía (Cuadro 4). Sin embargo, valores elevados de D_a asociados a muy bajas macroporosidades (< 5%) y conductividades hidráulicas ($\leq 1 \text{ mm h}^{-1} = 3 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$) sólo se presentaron en el horizonte **C** (Cuadro 4). Estos rasgos confieren al suelo Travesía muy baja permeabilidad al agua en esta zona del perfil, posiblemente atribuibles al gran contenido de esmectitas, y han limitado el lavado de sales y sodio en las condiciones de clima actual (relativamente más húmedas con relación a las de su formación).

CUADRO 1. Características morfológicas en el suelo Travesía (CM = color Munsell).

Horizonte límite entre horizontes	Profundidad (cm)	CM Matriz (húmedo)	CM Moteados† (húmedo)	a %	A %	Textura‡	Estructura#	Consistencia
Ap §, £	0-12	10YR5/3	10YR5/6 (p, fi, di, ag)	37,3	FAL	2-3, f, bcs	d, fr	claro y onulado
Bw1 ¶, §, £	12-39	5Y6/2	10YR5/4 (p, fi, di, df)	43,0	AL	3, m, bcs	md, fi	gradual e irregular
Bw2 §, £, £	39-79	10YR5/4	5YR5/4 (m, g, di, df)	41,9	AL	3, m, bcs	d, fr-fi	difuso e irregular
Bw3 §, £	79-117	10YR5/4	5YR5/4 (m, g, di, df) 5Y5/2 (p, md, di, cl)	28,5	FAL	3, g, bca	md, efi	gradual y plano
C1	117-146	5Y7/1(seco)	10YR5/6 (p, md, di, ag) 2,5YR5/4 (p, md, di, ag)	25,7	FL	3, mg, bca	ed, efi	claro y plano
C2	146-159	10YR5/4	5Y6/2 (c, md, di, cl) 2,5YR4/4 (p, g, di, cl)	25,7	FL	3, mg, bca	ed, efi	abrupto y plano
C3¶	159-175	10YR5/4	5Y6/2 (c, fi, di, cl) 2,5YR4/4 (m, g, di, cl)	30,1	FAL	1, g, bca	md, fi	abrupto y plano
C4¶	175-200	7,5YR5/4	5Y5/2 (c, fi, di, cl) 2,5YR4/4 (c, md, di, cl)	31,6	FAL	2, mg, bca	md, fi	–

† p: pocos; c: comunes; m: muchos; fi: finos; md: medios; g: grueso; di: distinto; pr: prominente; df: difuso; cl: claro; ag: agudo.

‡ FAL: franco arcillo limoso; AL: arcillo limoso; FL: franco limoso. # 0: sin estructura; 1: débil; 2: moderado; 3: fuerte.

mf: muy fino; f: fino; m: medio; g: grueso; mg: muy grueso; s: grano simple; ma: masivo; p: prismática; bcs: blocosa subangular; bca: blocosa angular su: suelto;

ld: ligeramente duro; d: duro; md: muy duro; ed: extremadamente duro; fr: friable; fi: firme; efi: extremadamente firme § Presentan caras de fricción (slikenesides);

¶ Presenta nódulos de Fe-Mn; ¶ Presentan manchas negras con reacción al H₂O₂; £ Presentan grietas; § Presentan raíces.

CUADRO 2. Atributos químicos* y físicos en el suelo Travesía determinados cada 10-cm de profundidad.

Profundidad (cm)	pH	pHS	CE dS m ⁻¹	PSI %	RAS (m mol l ⁻¹) ^{1/2}	(CaMg)p	CIC	Na _{int}	Na _{imp}	arena	arcilla	-----c mol _(c) kg ⁻¹ -----			-----%-----		
												af+amf (libre A)	af+amf	af+amf	af+amf (libre A)	af+amf	af+amf
0-10	7,55	7,65	0,963	1,86	1,09	257,53	24,98	0,47	2,69	14,5	37,4	9,87	15,77	13,12			
10-20	8,03	8,97	1,052	9,13	8,76	244,29	23,69	2,16	2,77	12,8	36,9	8,52	13,50	8,37			
20-30	8,19	9,27	1,480	15,00	14,05	169,41	28,09	4,21	4,74	5,6	44,7	2,83	5,12	7,31			
30-40	8,26	9,34	2,277	19,19	17,99	168,66	29,84	5,73	5,61	3,9	46,6	1,72	3,22	8,93			
40-50	8,34	9,36	3,275	23,11	19,71	72,82	30,23	6,98	7,04	1,4	46,4	1,51	2,82	7,56			
50-60	8,32	9,36	3,986	25,16	24,37	72,78	30,32	7,63	7,46	1,7	41,3	1,06	1,81	4,77			
60-70	8,33	9,39	4,239	28,42	27,60	73,33	29,31	8,33	7,39	3,9	40,2	0,95	1,59	2,59			
70-80	8,27	9,38	4,452	28,99	30,45	31,42	30,39	8,81	7,98	5,0	39,1	1,88	3,09	1,37			
80-90	8,31	9,37	4,595	30,30	28,75	40,19	28,48	8,63	7,48	8,4	30,2	3,33	4,77	1,35			
90-100	8,30	9,35	4,877	30,36	28,70	37,16	28,56	8,67	7,70	7,5	30,7	3,72	5,37	0,80			
100-110	8,21	9,18	5,096	29,45	28,35	4,07	27,71	8,16	7,84	5,9	27,4	4,84	6,67	0,07			
110-120	7,76	8,42	5,001	32,04	28,43	1,32	24,43	7,83	7,07	5,6	22,9	4,52	5,86	0,00			
120-130	7,62	8,27	5,237	31,89	28,35	1,36	23,07	7,36	6,91	2,8	27,4	3,38	4,66	0,00			
130-140	7,66	8,31	5,150	32,37	26,82	2,04	21,74	7,04	6,44	5,6	24,0	4,14	5,45	0,00			
140-150	7,93	8,63	6,460	30,82	27,12	2,91	25,01	7,71	7,94	2,2	27,1	1,34	1,84	0,03			
150-160	8,27	9,29	6,338	31,51	27,32	354,33	20,68	6,52	4,08	12,3	25,1	4,34	5,79	5,63			
160-170	8,29	9,23	7,004	30,79	27,94	151,18	24,64	7,59	7,05	8,9	29,1	2,80	3,95	2,68			
170-180	8,17	9,19	6,982	30,80	26,56	54,07	25,90	7,98	8,12	7,5	33,0	2,40	3,58	2,41			
180-190	8,20	9,21	7,237	31,45	25,24	70,72	26,14	8,22	8,11	7,5	30,2	2,07	2,97	5,61			
190-200	8,03	9,18	7,925	29,98	24,60	62,45	26,26	7,87	8,45	3,4	32,4	1,26	1,86	4,35			
200-210	8,14	9,16	7,840	28,72	26,44	34,74	24,84	7,13	8,50	1,1	29,3	1,05	1,49	1,72			
210-220	8,07	9,12	7,763	29,05	24,87	30,83	24,96	7,25	8,41	1,1	26,3	0,73	0,99	0,78			
220-230	8,10	9,07	8,258	29,11	25,14	45,71	26,81	7,80	8,90	2,2	34,1	0,88	1,34	1,59			
230-240	8,17	9,12	8,702	27,95	25,16	115,32	25,72	7,19	8,33	4,5	31,3	1,04	1,51	5,90			
240-250	8,17	9,18	8,491	29,21	24,75	173,30	24,98	7,30	7,54	4,5	34,6	1,10	1,68	6,61			

pH = pH para pasta saturada, pHS = pH para suspensión suelo-agua de relación 1:5, CE = conductividad eléctrica para el extracto de saturación, PSI = porcentaje de sodio intercambiable, RAS = relación de adsorción de sodio, (CaMg)p = carbonatos precipitados de Ca y Mg, CIC = capacidad de intercambio catiónico, Na_{int} = sodio intercambiable, Na_{imp} = sodio intercambiable estimado por la ecuación 3, af+amf = arena fina + arena muy fina
 *Promedio de tres determinaciones para pH, pHS, CE, PSI, RAS, (CaMg)p, CIC y Naint.

CUADRO 3. Mineralogía de la arcilla para horizontes seleccionados en el suelo Travesía, obtenidos por difracción de rayos X.

Mineral	Horizontes				
	Ap	Bw1	Bw2	Bw3	C1
	----- % -----				
caolinita	0	0	0	12	12
clorita	17	25	15	6	10
cuarzo	5	6	5	7	3
esmeclitas	61	39	53	44	53
feldespatos	2	4	2	2	3
goetita	t**	1	2	5	1
haloisita	1	2	1	0	0
interestratificado	0	2	0	4	1
10/14c*					
micas	8	18	18	11	10
paligorsquita	0	0	0	2	1
pirofilita	1	2	1	2	2
sepiolita	3	1	1	2	2
talco	2	P***	2	3	3

*c= clorita; **t = trazas; ***P = presente

Los valores de COEL en el suelo Travesía oscilan entre 0,01 y 0,13 (Cuadro 4). Según Buol *et al.* (1980), valores de COEL > 0,03 indican que cantidades importantes de esmeclitas están presentes en el suelo. La mayoría de los valores de COEL en el suelo Travesía fueron $\geq 0,03$; excepto en los horizontes Bw1 y C2. El valor máximo de COEL (Cuadro 4) se presenta en la superficie (0,13), precisamente en el horizonte donde se detectó en campo y laboratorio la mayor expresión en las propiedades expansibles de este suelo. Para éste y el resto de los horizontes, los valores de COEL guardan estrecha relación con el contenido de esmeclitas (Cuadros 3 y 4) hasta la profundidad de 117 cm (Bw3), es decir, aumentan o disminuyen de manera proporcional a la cantidad de estos minerales presentes en la fracción arcilla del suelo. Sin embargo, las propiedades expansibles del suelo Travesía, reflejadas en los valores COEL (Cuadro 4), tienden a disminuir con la profundidad a medida que la salinidad se incrementa en ese sentido (Cuadro 2).

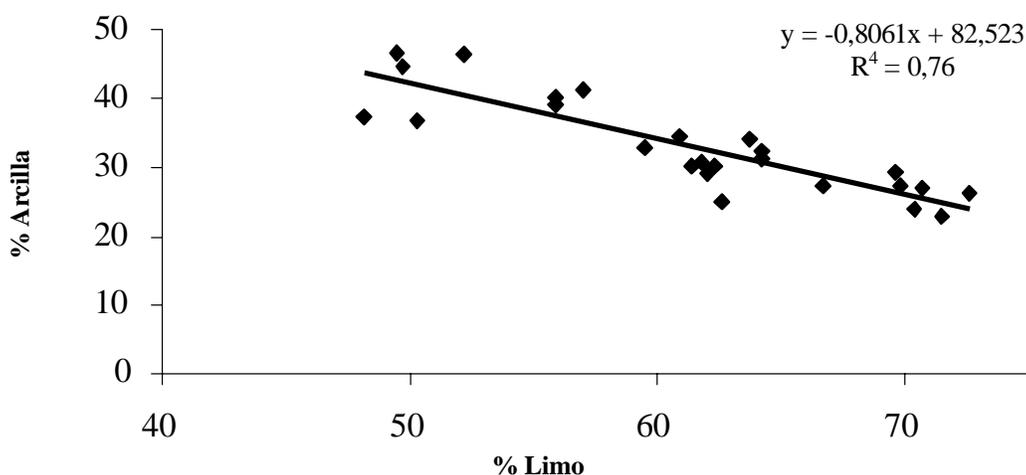


FIGURA 2. Relación entre el contenido de arcilla y el contenido de limo, con la profundidad, en el suelo Travesía.

CUADRO 4. Conductividad hidráulica (K), densidad aparente (Da) por el método del hoyo, macroporosidad (MP), porosidad total (PT) y coeficiente de extensibilidad lineal (COEL) determinada para horizontes genéticos descritos en el suelo Travesía.

Horizonte	Profundidad cm	K*	Da	MP*	PT*	COEL
		-----mm h ⁻¹ -----	--- Mg m ⁻³ ----	----- % -----		
Ap	0-12	50±12	2,05	11,0±0,9	50,2±1,6	0,13
Bw1	12-39	1±1	1,80	6,9±2,6	45,0±2,3	0,02
Bw2	39-79	2±2	2,04	9,0±2,4	45,0±1,6	0,09
Bw3	79-117	3±2	1,99	7,6±0,5	43,5±0,7	0,05
C1	117-146	0,2±0,1	2,03	3,6±0,4	39,2±1,5	0,03
C2	146-159	0,05±0,03	1,92	4,2±1,4	41,0±3,8	0,01
C3	159-175	0,3±0,6	2,17	4,6±1,0	41,1±1,7	0,05
C4	175-200	0,05±0,06	2,07	4,1±1,0	38,8±2,8	0,04

* Promedio para tres determinaciones + desviación estándar.

Propiedades químicas. Los valores de PSI (> 15%) y RAS (> 13) según se observa en el Cuadro 2 están mostrando que el suelo Travesía satisface los requerimientos (Salinity Laboratory Staff 1954; Soil Survey Staff, 1999) para un suelo sódico a profundidades entre 20-50 cm y para un suelo salino-sódico por debajo de los 50 cm (valores de CE entre 4-9 dS m⁻¹). Ningún pH en pasta saturada con la profundidad fue superior a 8,5 (Cuadro 2), lo que revela que el suelo Travesía no está acumulando importantes cantidades de sales alcalinas de sodio (bicarbonatos y carbonatos) en ninguna parte del perfil. Sin embargo, gran número de valores de pH para las suspensiones suelo-agua de relación 1:5 fueron mayores que 9,00 (Cuadro 2). Este hecho sugiere que sales alcalinas de sodio (bicarbonatos y carbonatos) pueden producirse en un ambiente con gran cantidad de sales neutras de sodio, carbonatos precipitados de iones divalentes (Ca-Mg) y suficiente humedad en presencia de un intercambiador de iones.

La ecuación de regresión lineal múltiple (3) permite pronosticar el contenido de sodio intercambiable (Na_{int}) como función del contenido de carbonatos precipitados de Ca-Mg (CaMg)_p, del contenido de NaCl (sal predominante) y la CIC:

$$\text{Na}_{\text{int}} = -0,00800 (\text{CaMg})_p + 0,0736. [\text{NaCl}] + 0,2535. \text{CIC} - 1,7336 \quad (3)$$

donde los corchetes [] hacen referencia a la concentración de NaCl en mmol₍₊₎ l⁻¹ y las cantidades de (CaMg)_p y CIC vienen expresadas en cmol₍₊₎ kg⁻¹. Esta ecuación (r = 0,8676) fue obtenida después de verificar que no existía asociación para los tres pares de combinaciones posibles de las variables regresoras (r² entre 0,0705-0,1061).

La ecuación (3) permite estimar el 75% de los valores de Na_{int} (Cuadro 2) con errores < 14%. Esta elevada correlación entre Na_{int} y las variables regresoras indica un complejo adsorbente muy homogéneo con la profundidad en cuanto a la naturaleza de sus arcillas (dominada por esmectitas). Señala además, que mientras mayor sea la CIC y la concentración de NaCl y menor la concentración de carbonatos de iones divalentes, más elevada será la sustitución por sodio en el complejo de cambio. Sin embargo, la ecuación (3) no permite prever porque la salinidad, en lugar de la presencia de carbonatos de iones divalentes, es el factor principal que limita la adsorción del sodio intercambiable porque pronostica un incremento lineal indefinido del Na_{int} (que no ocurre en condiciones naturales) con el aumento del NaCl (y consecuentemente de la salinidad).

Cuando se establece la relación entre el Na_{int} y la CIC se observa una fuerte correlación lineal sólo si se estratifican los valores para CE's menores

($r^2 = 0,8581$) o mayores ($r^2 = 0,8057$) de 4 dS m^{-1} (Figura 3). Si se incluyen todos los valores, sin discriminar el efecto salino, la asociación entre las variables (Na_{int} y CIC) es prácticamente nula ($r^2 = 0,0610$). Podría interpretarse que alrededor de 4 dS m^{-1} , existe una disminución apreciable (cambio abrupto de pendiente; Figura 3) de la adsorción del sodio producto del colapso del espacio interlamilar de las esmectitas (Borchardt, 1989) que son predominantes (Cuadro 3) en el complejo de cambio. Por tanto, esto parece indicar que la salinidad modifica fuertemente la CIC del suelo Travesía.

Por otra parte, cuando la relación es entre el Na_{int} y el contenido de carbonatos de Ca-Mg precipitados (Figura 4), la estratificación por salinidad produce una muy buena correlación lineal negativa ($r^2 = 0,9188$) sólo para CEs menores de 4 dS m^{-1} . La asociación es bastante pobre ($r^2 = 0,2243$) a salinidades elevadas ($> 4 \text{ dS m}^{-1}$) señalando que los mecanismos de formación de silicatos hidratados de Ca-Al interlamilar (Borchardt, 1989) sólo son importantes en la restricción de la sustitución por sodio en el complejo de cambio cuando las CEs son menores que 4 dS m^{-1} .

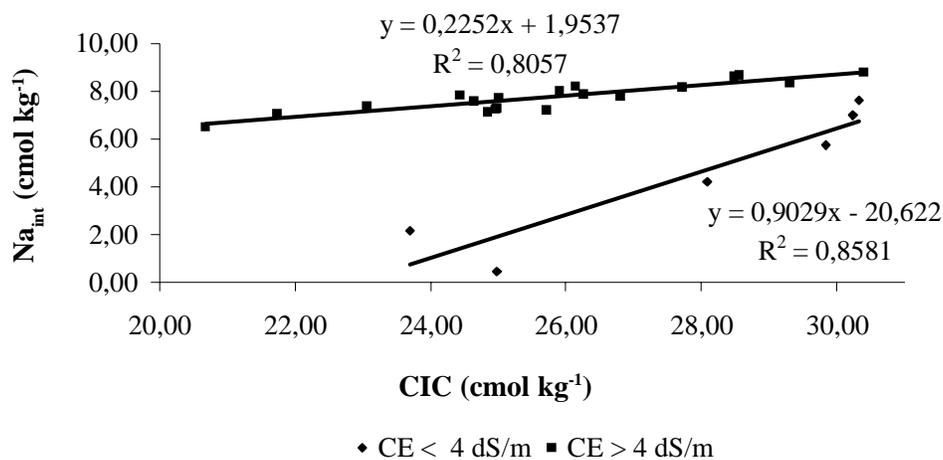


FIGURA 3. Relación entre el contenido de sodio intercambiable (Na_{int}) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), como función del contenido de sales totales, en el suelo Travesía.

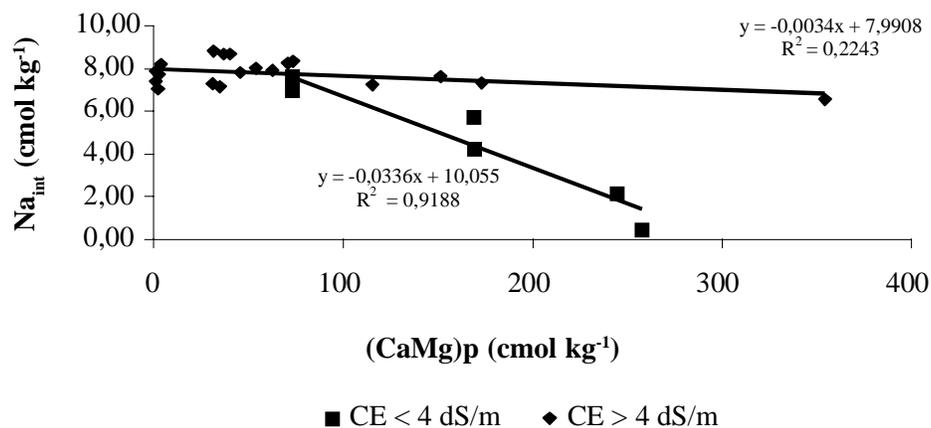


FIGURA 4. Relación entre el contenido de sodio intercambiable (Na_{int}) y la cantidad de carbonatos de Ca-Mg precipitados (CaMg_p), como función del contenido de sales totales, en el suelo Travesía.

La sal soluble predominante en el pedón Travesía (Cuadro 5) corresponde al cloruro de sodio (NaCl), con valores que superan los $6 \text{ mmol}_{(+)} \text{ l}^{-1}$ (en los extractos de pasta saturada) a partir de los 10 cm de profundidad. Sin embargo, valores entre $28\text{-}61 \text{ mmol}_{(+)} \text{ l}^{-1}$ se presentan por debajo de los 50 cm y esto sólo se traduce en una variación del PSI entre 25-32% (Cuadro 5). La concentración de NaCl para la cual no aumenta significativamente el PSI (más allá de 32%) es a partir de $32 \text{ mmol}_{(+)} \text{ l}^{-1}$ y se manifiesta alrededor de CEs $>5 \text{ dS m}^{-1}$. El sulfato de sodio (Na_2SO_4) es la segunda sal sódica importante (contenidos $<4 \text{ mmol}_{(+)} \text{ l}^{-1}$) y se encuentra ausente por debajo de los 190 cm de profundidad. Por otra parte, concentraciones de NaHCO_3 (sal alcalina), relativamente bajas ($<2 \text{ mmol}_{(+)} \text{ l}^{-1}$), están sólo presentes entre 10-80 cm de profundidad.

En cuanto a las sales de iones divalentes en los extractos de pasta saturada (Cuadro 5), sus cantidades son relativamente bajas en todos los casos. Los cloruros sólo se encuentran a partir de los 190 cm de profundidad y los sulfatos están ausentes entre los 10-80 cm (porque existe la presencia de bicarbonato de sodio). Cuando el CaSO_4 está presente su contenido es tan bajo que excluye la presencia de yeso precipitado (solubilidad alrededor de $30 \text{ mmol}_{(+)} \text{ l}^{-1}$) en cualquier zona del perfil.

Para el pedón salino-sódico Travesía, la recta de regresión entre los valores de relación de sodio intercambiable (RSI) y RAS (no se señala en este trabajo) produjo un coeficiente de selectividad de Gapon (KG) de $0,01673(\text{mmol l}^{-1})^{-1/2}$, el cual difiere sólo en un 13% del valor de $0,01475 (\text{mmol l}^{-1})^{-1/2}$ presentado por el Salinity Laboratory Staff (1954). Por esta razón, es posible inferir los valores de PSI directamente a partir de los valores de RAS (Cuadro 2) sugiriendo este hecho, además, la mayor acumulación de sales neutras de sodio en lugar de sus respectivas sales alcalinas. Cuando se acumulan preponderantemente estas últimas, los KG (y por consiguiente los PSI) son sustancialmente mayores (Guerrero *et al.*, 2002) y no se debería estimar el PSI directamente a partir de los valores de RAS (Bohn, 1979; Guerrero *et al.*, 2002).

Composición mineralógica. La composición mineralógica del suelo Travesía está resumida en los Cuadros 3 y 6. Los análisis de difracción de rayos X (Cuadro 3) revelaron que la fracción arcilla del suelo

Travesía está dominada por esmectitas. Otros minerales importantes son clorita y micas, respectivamente. Los picos que permitieron identificar y cuantificar la clorita infieren una alta cristalinidad y parecen descartar un origen pedogenético (posiblemente aportada al suelo en sedimentos derivados de la alteración de esquistos cloritosos). Esta composición general está sugiriendo, preliminarmente, que el suelo es de origen reciente. Sin embargo, los horizontes Bw3 y C1 presentan cantidades significativas de caolinita; un filosilicato mineral 1:1 especialmente resistente. Este hecho podría señalar que la caolinita fue heredada del material parental. Sin embargo, Herbert *et al.* (2004), investigando la reacción de una bentonita (esmectita) de Wyoming con NaCl y aguas salobres ricas en MgCl_2 , a diferentes temperaturas y pHs, concluyeron que cierta proporción de la montmorillonita es probablemente alterada a caolinita o pirofilita bajo esas condiciones.

Por lo tanto, no se descarta que la caolinita tenga un posible origen autigénico en el suelo Travesía si asumimos, tal como se señala más adelante, que sus materiales parentales posiblemente concuerden con los de la Formación Quiamare (MMH, 1970).

Las esmectitas, en el pedón Travesía, presentan un contenido relativo que en promedio triplica al de la clorita (Cuadro 3). La mayor cantidad porcentual de esmectitas se presenta en el horizonte Ap, donde se manifiestan las propiedades expansibles más elevadas y los mayores valores de COEL (Cuadro 4). Sin embargo, a pesar que todos los horizontes estudiados por debajo del Ap mantienen niveles de esmectitas que superan el 39%, sus propiedades expansibles tienden, más bien, a disminuir con la profundidad (corroborado por observaciones de campo). Este comportamiento tuvo su explicación en el incremento del contenido de sales solubles con la profundidad y en la reacción fuertemente calcárea en la masa del suelo en gran parte del perfil. Estas dos condiciones simultáneamente reprimen la expansión de las esmectitas (Borchardt, 1989).

Por otra parte, los valores de pH y actividad de magnesio en la solución del suelo Travesía (Cuadros 2 y 5) parecen ser suficientemente elevados como para preservar minerales del tipo esmectitas, cloritas, talco, sepiolita y paligorsquita (Borchardt, 1989).

CUADRO 5. Iones solubles* y sales solubles determinadas en los extractos de saturación, cada 10-cm, en el suelo Travesía.

Profund. (cm)	mmol ⁽⁺⁾ l ⁻¹															
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CaCl ₂	MgCl ₂	CaS	MgS	CaB	MgB	NaCl	NaS	NaB
0-10	7,32	2,20	0,44	6,31	1,68	2,17	0,20	0,00	0,00	0,30	0,08	5,90	1,50	2,05	0,08	0,00
10-20	2,84	6,20	0,41	0,89	0,69	7,79	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,69	6,15	0,41	1,25
20-30	2,84	9,30	0,47	0,69	0,79	12,09	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,76	9,63	0,49	1,53
30-40	2,82	15,20	0,84	0,69	1,18	17,40	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	1,17	15,34	0,85	1,01
40-50	3,70	23,00	1,52	0,69	2,52	24,97	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	2,52	22,96	1,52	0,49
50-60	3,25	28,50	2,39	0,74	2,47	30,88	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	2,47	28,45	2,39	0,04
60-70	3,10	31,50	2,99	0,74	2,22	33,58	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	2,25	31,03	2,95	0,06
70-80	3,00	31,50	3,74	0,79	1,68	33,84	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	1,73	30,68	3,65	0,39
80-90	2,80	32,00	4,42	0,79	2,17	34,97	0,05	0,00	0,00	0,07	0,19	0,74	2,02	31,45	4,10	0,00
90-100	2,55	35,25	5,17	0,84	2,37	36,36	0,05	0,00	0,00	0,23	0,66	0,65	1,81	33,83	4,08	0,00
100-110	2,50	36,75	5,51	0,89	2,57	37,23	0,05	0,00	0,00	0,32	0,93	0,62	1,78	35,05	4,02	0,00
110-120	0,85	37,25	4,64	0,79	2,42	36,02	0,05	0,00	0,00	0,63	1,91	0,20	0,62	35,69	1,92	0,00
120-130	0,75	40,25	4,19	0,94	2,52	37,23	0,06	0,00	0,00	0,80	2,14	0,19	0,52	38,21	1,05	0,00
130-140	0,95	38,50	3,74	0,94	2,52	35,23	0,06	0,00	0,00	0,75	2,01	0,25	0,66	36,46	0,79	0,00
140-150	2,05	48,00	5,45	1,58	3,85	44,69	0,07	0,00	0,00	1,10	2,67	0,57	1,38	45,63	1,43	0,00
150-160	1,80	47,50	4,99	1,83	3,85	46,00	0,06	0,00	0,00	1,31	2,76	0,57	1,19	46,33	0,81	0,00
160-170	1,75	52,50	5,80	2,32	4,09	50,02	0,07	0,00	0,00	1,78	3,14	0,62	1,09	50,88	0,72	0,00
170-180	1,90	52,75	6,47	2,37	4,54	49,37	0,07	0,00	0,00	1,85	3,54	0,63	1,20	50,62	0,85	0,00
180-190	1,90	53,75	6,67	2,52	5,13	49,37	0,08	0,00	0,00	2,04	4,14	0,60	1,22	51,42	0,21	0,00
190-200	2,00	59,75	6,67	3,01	5,62	51,11	0,08	0,40	0,73	2,18	4,07	0,66	1,22	54,79	0,00	0,00
200-210	1,85	60,75	6,47	2,96	5,67	54,92	0,08	0,35	0,66	2,13	4,09	0,61	1,17	57,27	0,00	0,00
210-220	1,80	60,25	5,89	2,91	5,97	52,41	0,09	0,67	1,37	1,84	3,77	0,56	1,15	55,21	0,00	0,00
220-230	1,95	62,75	6,26	3,31	5,82	53,72	0,09	0,72	1,26	2,14	3,77	0,67	1,17	57,15	0,00	0,00
230-240	1,85	66,50	6,87	3,60	7,01	57,96	0,10	0,94	1,84	2,23	4,34	0,60	1,17	60,73	0,00	0,00
240-250	1,80	64,50	6,55	3,60	6,76	56,33	0,09	0,99	1,85	2,19	4,10	0,60	1,13	58,89	0,00	0,00

* Promedio de tres determinaciones.

CaS = [CaSO₄]; MgS = [MgSO₄]; CaB = [Ca(HCO₃)₂]; MgB = [Mg(HCO₃)₂]; NaS = [Na₂SO₄]; NaB = [NaHCO₃]; [K⁺] ~ [KCl]

Los tres últimos también se observan en la fracción arcilla de este suelo pero sus contenidos son bajos (<3%) o ausentes; especialmente para la paligorsquita (Cuadro 3). Por esta razón, las condiciones de preservación parecen ser sólo favorecidas a grandes profundidades; donde se presentan las mayores actividades de magnesio en la solución del suelo.

En cuanto a la mineralogía de las arenas densas (Cuadro 6), ésta es dominada por la presencia de minerales susceptibles a la alteración (especialmente epidota y micas). En términos generales, la poca concentración de materiales resistentes como circón y turmalina ratifica la naturaleza reciente, pedológicamente hablando, del pedón Travesía.

CUADRO 6. Mineralogía de arenas densas y proporción de intemperismo (C+T)/(A+P), para horizontes genéticos del suelo Travesía, obtenidos por microscopía de luz polarizada.

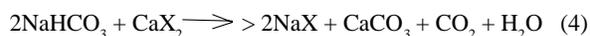
Mineral	Horizontes				
	Ap	Bw1	Bw2	Bw3	C1
	----- % -----				
anatasa	-	-	0,2	-	-
augita	0,6	0,2	-	-	-
biotita	1,8	4,8	0,9	10,4	4,9
circón	11,0	5,5	1,4	1,6	1,0
epidota	54,9	31,3	5,6	0,6	0,9
glaucofana	1,8	2,5	0,5	0,2	1,0
granate	-	0,5	-	0,4	0,1
hornblenda	-	-	1,4	-	-
moscovita	9,0	9,4	69,8	36,8	83,3
opacos	18,4	40,9	18,3	45,0	8,2
rutilo	0,2	-	0,2	0,2	0,1
tremolita	-	-	0,2	-	-
turmalina	0,8	0,2	1,4	0,2	-
zoisita	1,6	4,8	0,2	4,6	0,3
(C+T)/(A+P)	3,0	0,8	1,2	9,0	0,8

(C+T) = Circón + Turmalina; (A+P) = Anfíboles + piroxenos

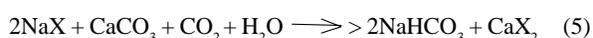
Procesos pedogenéticos. Fuertes acumulaciones de carbonatos precipitados de iones divalentes están presentes en los primeros 100 cm del perfil del suelo y a profundidades por debajo de 150 cm (Cuadro 2). En ambas situaciones, el contenido de carbonatos parece decrecer regularmente cuando se incrementa la profundidad. Esta particular distribución de carbonatos sugiere que gran parte de los materiales parentales fueron originalmente calcáreos y los carbonatos precipitados (con mayor cantidad de CaCO_3) ya se encontraban incorporados en los materiales que dieron origen al suelo. Aunque el incremento de arcilla en el horizonte B es suficiente para un horizonte argílico, la naturaleza inicialmente calcárea de los materiales parentales indica que los procesos de translocación de arcilla no serían factibles porque no se ha producido la remoción de agentes cementantes necesaria para la dispersión y posterior migración de las partículas coloidales del suelo (Soil Survey Staff, 1975). Por otra parte, se presentó pedoturbación apreciable bajo la forma de caras de fricción en el horizonte B (Cuadro 1); otra evidencia que señala la imposibilidad de formación del horizonte argílico (Soil Survey Staff, 1975).

En la base del horizonte Bw1 del suelo Travesía, el esqueleto grueso y las fracciones de arena más gruesa presentan gran cantidad de concreciones de sesquióxidos de hierro-manganeso. Esto podría tener una explicación parcial en el fenómeno de ferrólisis (Schargel, 1984; Schargel *et al.*, 1988; Soil Survey Staff, 1999). El proceso total consiste de una sucesiva y alternada secuencia de reacciones de oxidación-reducción. Durante la reducción, el poco soluble Fe^{3+} se transforma en el soluble Fe^{2+} , el cual es fuertemente adsorbido por las esmectitas (Saejiew *et al.*, 2004) y desplazaría a los cationes intercambiables que son posteriormente removidos por lixiviación. Durante la oxidación, el Fe^{2+} se convierte nuevamente en compuestos insolubles de Fe^{3+} , que serían incorporados ahora como concreciones y, además, se genera hidrógeno intercambiable (H^+) por el déficit momentáneo de bases cambiables. Sin embargo, la naturaleza intrínsecamente calcárea de Travesía podría neutralizar esta acidez intercambiable evitando la destrucción de los filosilicatos arcillosos y la acidificación del suelo. Esta hipótesis es plausible porque las esmectitas ácidas, al igual que las homioónicas en Na y Li, son buenos materiales expansibles (Komadel, 2003).

Guerrero *et al.* (2002) propusieron la reacción (4) como una explicación parcial de la génesis de suelos sódicos alcalinos con PSI < 60% y elevados valores de pH producto de la acumulación de NaHCO₃.



El suelo Travesía tiene NaCl como sal predominante (Cuadro 4) en prácticamente todo el perfil y concentraciones de NaHCO₃, aunque relativamente bajas, sólo presentes entre 10-80 cm de profundidad. La incipiente producción de NaHCO₃, en condiciones naturales, podría ser entonces explicada por la ecuación (5); inversa de la ecuación (4):



Sin embargo, en condiciones naturales, la reacción (5) parece ser sólo favorecida cuando se presenta una relativamente baja salinidad total porque no hay NaHCO₃ en los extractos de pasta saturada (Cuadro 5) para profundidades por debajo de 80 cm; donde la salinidad creciente viene reflejada por CEs >4 dS m⁻¹ en los extractos de saturación (Cuadro 2). Como el exceso de sales limita la expansibilidad de las esmectitas (Borchardt, 1989; Hofmann *et al.*, 2004) se restringe, en consecuencia, el intercambio de sodio por calcio en el intercambiador necesario para la producción de NaHCO₃ y elevados valores de pH (> 8,5).

La reacción (5) sería, quizás, una de las pocas vías alternas para almacenar ion Ca²⁺ en un suelo sódico (además de la precipitación de sus carbonatos) porque reacciones de doble descomposición entre el NaCl y el CaCO₃, postuladas inicialmente por Hilgard (Pla, 1967; Szabolcs, 1969), producirían el muy soluble CaCl₂. Esta sal es incompatible con la presencia simultánea de CaCO₃ y NaHCO₃, ya que, sólo estaría permitida una muy baja concentración de Ca²⁺ en la solución del suelo (Guerrero *et al.*, 2002). Las inexistentes o muy bajas concentraciones de CaCl₂ en Travesía (Cuadro 5) son evidencia de la imposibilidad de la doble descomposición entre el NaCl y el CaCO₃.

Por otra parte, el comportamiento (pHs > 9,00) para las suspensiones suelo-agua de relación 1:5 (Cuadro 2) también podría ser explicado con base en la reacción (5). Valores elevados de pH, atribuibles

a la formación de NaHCO₃ (Guerrero *et al.*, 2002), requerirían la presencia simultánea de CaCO₃ y de un intercambiador sódico (generado por la presencia de grandes cantidades de NaCl) en condiciones de alta humedad. Ello se infiere porque en la zona de 110-150 cm, donde están prácticamente ausentes los carbonatos precipitados (Cuadro 2), los pHs relativamente elevados (>9,00) no se presentan.

Fossum *et al.* (2005) señalan que la comprensión del papel que juegan las sales en estabilizar fases densas de arcillas tiene su significado práctico en el contexto de las formaciones de arcillas originalmente sedimentadas en aguas salinas, las cuales pueden ser progresivamente desestabilizadas (dispersadas) por subsecuente lavado con aguas menos salinas. Por otra parte, Hofmann *et al.* (2004), Pérez del Villar *et al.* (2005) y Fernández *et al.* (2005) han encontrado evidencias que sugieren que las esmectitas pueden ser preservadas sin transformaciones minerales (inclusive durante varios millones de años), en ambientes naturales que han sido invadidos por aguas salobres (marinas o evaporíticas); siempre que las condiciones químicas y térmicas sean similares a aquellas de su formación.

En Venezuela, ha sido señalado que en el Alto Apure (Schargel, 1984), en la planicie aluvial del río Portuguesa (Schargel *et al.*, 1988) y en los llanos altos centrales del estado Guárico (Guerrero *et al.*, 2004), los elevados contenidos de sodio intercambiable pueden estar relacionados a la acumulación de aguas, con abundante sodio, que se concentraron por evaporación en áreas depresionales. Esto favoreció la sustitución de los cationes intercambiables por sodio y dio lugar a suelos salino-sódicos durante el período árido que marca el final del Pleistoceno.

Por otra parte, si estas acumulaciones de sodio ocurren con materia orgánica en un ambiente reductor, podría favorecerse la formación de sales alcalinas de sodio (bicarbonatos y carbonatos), altos valores de pH y sustituciones elevadas con sodio en un complejo de cambio dominado por esmectitas (Guerrero, 1998; Guerrero *et al.*, 2004). Posteriormente, el clima más húmedo que caracterizó al Holoceno (Schargel, 1984; Schargel *et al.*, 1988; Guerrero *et al.*, 2004) permitiría el lavado de las sales acumuladas evolucionando los suelos salinos-sódicos a sódicos.

Según el léxico estratigráfico de Venezuela (MMH, 1970), la Formación Quiamare presenta su sección tipo en Anzoátegui nororiental y corresponde a una secuencia de arcilitas gris verdosas, rojas pardas y gris azuladas, con intercalación de areniscas guijarrosas, lutitas carbonáceas y lignito, la cual se extiende hacia el sur pasando lateralmente junto a la Formación Chaguaramas en el estado Guárico.

Esta última ha sido descrita como una alternancia de areniscas, lutitas y lignitos de agua salobre, con desarrollos locales de arcillas de agua fresca y conglomerados de guijarros arcillosos similares a los de la formación Quiamare (MMH, 1970).

A pesar de que el pedón Travesía está situado en Tucupido, al oriente del estado Guárico, la descripción litológica de la Formación Quiamare es más concordante con las características morfológicas, químicas y mineralógicas del pedón Travesía, donde los colores gris verdoso y gris azulado allí descritos, especialmente en el horizonte C, son compatibles con la importante presencia de clorita (filosilicato de color verde) y de materiales calcáreos que se encontraron en este pedón.

Por tanto, si se asume que los materiales parentales del pedón Travesía pertenecen a la Formación Quiamare, posiblemente su ambiente de deposición varió principalmente entre continental y aguas marinas muy llanas, con pocos niveles de agua marinas abiertas, cuya formación reflejó el rápido relleno de una cuenca en donde la tasa de sedimentación se mantenía a la par con la subsidencia (MMH, 1970). Esto podría explicar la salinidad de origen en este suelo salino-sódico.

Con relación a Travesía, los elevados contenidos de sodio intercambiable serían consecuencia de la acumulación de aguas salobres ricas en sodio (mayoritariamente NaCl de origen marino), en contacto con sus materiales parentales, que favorecieron la incorporación parcial de este elemento a las esmectitas por reacciones de intercambio catiónico, culminando en un suelo salino-sódico (con poca diferenciación de horizontes; quizás sólo A sobre C) durante el período árido Pleistocénico.

Por otra parte, el clima holocénico más húmedo, favoreció el lavado de sales solubles aún en aquellas áreas con drenaje restringido local donde también

se evaporaban e infiltraban aguas de desborde de los posibles cursos fluviales existentes en la época. Sin embargo, no fueron suficientes para un lavado efectivo de aquellas sales solubles depositadas a mayores profundidades en el perfil, especialmente por debajo de los 120 cm (Cuadro 2), debido a la muy baja permeabilidad de estos estratos producto de la elevada presencia de materiales esmectíticos naturalmente compactados.

No obstante, el lavado de sales que se produjo en los horizontes superiores permitió que las esmectitas experimentaran ciclos alternos de expansión-contracción y dieran lugar a los rasgos distintivos de los vertisoles en este suelo como lo son las grietas y las caras de fricción de los horizontes Ap y Bw. Finalmente, el efecto modelador de las aguas concluyó en el actual paisaje ondulado en la zona.

Por otra parte, la elevada salinidad del pedón Travesía también ha limitado la expansión de las esmectitas impidiendo sustituciones por sodio más allá del 32% e inhibido la formación de sus sales alcalinas; estas últimas promotoras de una mayor sustitución con sodio en el complejo de cambio y elevados valores de pH (Guerrero *et al.*, 2002). No obstante, la consiguiente evolución del suelo salino-sódico a sódico, si se presentaran condiciones de buen drenaje (poco probable) en profundidad y mayor humedad, podría ser plausible porque la matriz calcárea del suelo hace prever la formación y acumulación de estas sales alcalinas con la presencia de NaCl.

CONCLUSIONES

- Se infiere que el suelo es producto de la desintegración e intemperización de rocas sedimentarias del terciario (posiblemente limolitas arcillosas calcáreas pertenecientes a la Formación Quiamare) que interaccionaron con aguas salobres ricas en sodio en áreas de sedimentación de los llanos centrales del estado Guárico. Esto favoreció la sustitución de los cationes intercambiables por sodio en las esmectitas y dio lugar a un suelo salino-sódico durante el período árido de finales del Pleistoceno. La pobre permeabilidad intrínseca del suelo, especialmente a profundidades mayores de 117 cm, ha limitado el lavado de sales aún durante el período Holoceno más

húmedo y ha impedido la evolución del suelo salino-sódico a sódico. Sin embargo, este clima más húmedo ha permitido la acción de procesos erosivos que dieron lugar al paisaje ondulado en la zona que actualmente ocupa el pedón y donde su posición en el tope de una colina, posiblemente, se deba a su naturaleza más densa que la de los materiales circundantes.

- Si existiesen condiciones de intenso lavado y buena permeabilidad, la hipotética evolución hacia un suelo sódico Travesía es posible a pesar de la fuerte acumulación de sales neutras de sodio que harían pensar en una desalinización y desodificación completa. Esto se basa en que las sales neutras de este elemento, en presencia de un intercambiador de iones, CaCO_3 y suficiente humedad, podrían producir sus sales alcalinas y, por tanto, degradación ulterior de la estructura del suelo y elevados valores de pH (> 8,5).
- Por otra parte, CES y contenidos de CaCO_3 conjuntamente elevados pueden estar restringiendo PSIS > 32% en el complejo de intercambio del suelo Travesía a pesar de los grandes contenidos de NaCl. Ello puede ser debido al efecto salino y a la producción de silicatos hidratados de Ca-Al interlaminares (agentes cementantes en condiciones de baja salinidad). Respectivamente ambos factores limitarían la expansibilidad de las esmectitas y, en consecuencia, el intercambio catiónico.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Dr. Graciano Elizalde por su colaboración en la interpretación de los espectros de difracción de rayos X y en la identificación de los minerales de las arenas densas, al Dr. Richard Schargel por la clasificación taxonómica del perfil.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexandre, T. y A. Pinilla. 1968. Algunas modificaciones a las técnicas aplicadas al estudio mineralógico de fracciones gruesas o arenas. *Anales de Edafología y Agrología*. Tomo XXVII. Número 7-8, pp. 563-567.
- Bohn, H. L., B. L. Mcneal and G. E. O'connor. 1979. *Soil Chemistry*. 1ra ed. John Wiley & Sons, New York, 329 pp.
- Borchardt, G. 1989. Smectites. **In:** 'Minerals in Soil Environments' (Dixon y Weed ed), Cap. 14, pp. 675-727, 2da ed. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Buol, S. W., F. D. Hole and R. J. Mccracken. 1980. *Soil genesis and classification*, 2nd ed. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- Cruz-Romero, G. and N. T Coleman. 1975. Reactions Responsible for High pH of Na-saturated Soils and Clays. *J. Soil Sci.* 26 (2):169-175.
- Eaton, F. M. 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Sci.* 69:123-133.
- Fernandez, A. M., D. Arcos, M. Pelayo, M. Tsige, J. M. Fernandez-Soler, P. Rivas and L. Pérez del Villar. 2005. Natural analogues in performance assessment of a nuclear waste disposal: the Cortijo de Archidona deposit and the salinity effect. **In:** *Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement*, Tours, France, pp. 391-392.
- Fossum, J. O., E. Gudding, D. D. M. Fonseca, Y. Meheust, E. Dimasi, T Gog and C. Venkataraman, C. 2005. Observations of orientational ordering in aqueous suspensions of a nano-layered silicate. *Energy* 30:873-883.
- García-Miragaya, J., R. Schargel, M. Ramia and L. Martín. 1990. Chemical Properties of soils where Palm Trees Grow in Venezuela. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 21:337-349.
- Guerrero, J. 1998. Génesis de Suelos Sódicos en Diferentes Ambientes Edafoclimáticos de Venezuela. Tesis Doctoral, Aragua, Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Maracay.
- Guerrero-Alves, J., I. Pla-Sentís and R. Camacho. 2002. A model to explain high values of pH in an alkali sodic soil. *Scientia Agricola* 59 (4):763-770.

- Guerrero-Alves, J., I. Pla-Sentís y R. Camacho. 2004. Génesis de un suelo sódico alcalino en Chaguaramas, estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Trop.* 54(4):433-459.
- Gupta, R. K. and I. P. Abrol. 1990. Reclamation and management of alkali soils. *Indian J. Agric. Sci.* 60(1):1-16.
- Herbert, H. J., J. Kasbohm, H. C. Moog and K. H. Henning. 2004. Long-term behavior of the Wyoming bentonite MX-80 in high saline solutions. *Applied Clay Science* 26:275-291.
- Hofmann, H., A. Bauer and L. N. Warr. 2004. Behavior of smectite in strong salt brines under conditions relevant to the disposal of low- to medium-grade nuclear waste. *Clays and Clay Minerals* 52:14-24.
- Jackson, M. L. 1969. Soil chemical analysis advanced course. 2 da ed. M.L. Jackson, USA.
- Komadell, P. 2003. Chemically modified smectites. *Clay Minerals* 38:127-138.
- Malagón, D. 1979. Fundamentos de Mineralogía de Suelos. Ira ed. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), Mérida (Venezuela). 747 pp.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). 1999. Mapa de Suelos 1:250.000. Servicio Autónomo de Conservación de Suelos y Cuencas Hidrográficas, Dirección de Suelos y Aguas, Caracas.
- Ministerio de Minas e Hidrocarburos (MMH). 1970. Léxico estratigráfico de Venezuela. Boletín de Geología, Publicación Especial N° 4. 2da. Edición. Ed. Sucre. Caracas, Venezuela. 756 p.
- Parfenoff, A., C. Pomerol ex J. Tourenq. 1970. Les Minéraux en Grains. Méthodes d' étude et détermination. 6ta ed. Masson et Cie, éditeurs, París (Francia). 578 pp.
- Pérez del Villar, L., M. Pelayo, A. M. Fernandez, J. S. Cozar, A. Delgado, E. Reyes, J. M. Fernandez-Soler and M. Tsige. 2005. Na-smectites in the Cala de Tomate bentonite deposit (Spain): a natural analogue of the salinity effect on the bentonite barrier of a radwaste disposal. **In:** *Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement*, Tours, France, pp. 387-388.
- Pla Sentís, I. 1967. Evaluación cuantitativa de los efectos de los bicarbonatos en el agua de riego sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos y factores que influyen sobre la magnitud de tales efectos. *Revista Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay.* 88 pp.
- Pla Sentís, I. 1969. Metodología de Laboratorio recomendada para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad en suelos, aguas, y plantas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay 94 pp.
- Pla Sentís, I. 1983. Metodología para la Caracterización Física con fines de Diagnóstico de Problemas de Manejo y Conservación de Suelos en Condiciones Tropicales. *Revista Alcance* N° 32. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay.
- Pla Sentís, I. 1985. Origen, Distribución y Diagnóstico de Suelos Afectados por Sales en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* XIV (1-2):125-150.
- Saejiew, A., O. Grunberger, S. Arunin, F. Favre, D. Tessier and P. Boivin. 2004. Critical Coagulation Concentration of Paddy Soil Clays in Sodium-Ferrous Iron Electrolyte. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:789-794.
- Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture (USDA), Agriculture Handbook Nro 60. Washington.
- Schargel, R. 1984. Características y Génesis de Suelos con Horizontes Nátricos en el Alto Apure. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 5:85-89. (Serie Producción Agrícola).

- Schargel, R.; P. Arrieta y R. Sequera. 1988. Características y Manejo de una Asociación de Tropaqualfs, Haplustalfs y Natraqualfs en el Estado Portuguesa, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 6(1-2):9-16.
- Soil Conservation Service. 1981. *Soil Survey Manual*, Chapter 4. Examination and description of soils in the field. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 105 pp.
- Soil Survey Division Staff. 1993. *Soil Survey Manual USDA Handbook 18*. United States department of Agriculture Soil Management Support Services. SMSS Technical Monograph Nº 19 Four Edition. Virginia Polytechnic Institute and State University. 436 pp.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service, 744 pp.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service, 2nd ed.
- Soil Survey Staff. . 2006. *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Tenth Edition. 341pp.
- Szabolcs, I. 1969. The Influence of Sodium Carbonate on Soil Forming Processes and Soil Properties. *Agrokémia és Talajtan* 18:37-68.
- Van beek, C. G. and N. Van Breemen. 1973. The Alkalinity of Alkali Soils. *J. Soil Sci.* 24:129-136.

ESTUDIO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DE OCHO PORTAINJERTOS PARA CÍTRICOS

STUDY OF SOME FRUIT CHARACTERISTICS OF EIGHT CITRUS ROOTSTOCKS

Edmundo E. Monteverde*, Carlos Marín R.** y José R. Ruiz**

* Investigador y ** Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. Email: eemonteverde@cantv.net.

RESUMEN

En 1976 se encuentra el principal transmisor del virus de los cítricos en Venezuela, *Toxoptera citricida* Kirk., en 1979 ocurre el primer foco de árboles muertos por el virus. Estos acontecimientos, hicieron que se introdujeran al país diferentes cultivares de cítricos para ser evaluados como portainjertos. Sin embargo, poco es lo que se conoce sobre la característica del fruto de esos materiales citrícolas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar algunas características del fruto de ocho portainjertos para cítricos: *Citrus volkameriana* Pasq. (VOL), los citrumelos *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus paradisi* Macf. Swingle (SWI) y Yuma (YUM), los citranges *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus sinensis* Osb. Carrizo (CAR), Troyer (TRO) y Uvalde (UVA), mandarina Cleopatra (CLE) *Citrus reshni* ex Hort. Tan. y Citremon 1449 *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus limon* L. Se tomaron cinco árboles por portainjerto de tamaño y vigor uniformes, a cada árbol se le cosecharon diez frutos al azar y se determinó peso promedio, diámetro distal y ecuatorial, y grosor de cáscara. Además, se calculó la relación entre ambos diámetros, número de semillas por frutos, por 100 g, por kg y peso promedio de la semilla. En este trabajo se presentan los resultados del estudio de algunas características del fruto de ocho portainjertos para cítricos.

Palabras Clave: Cítricos; portainjertos; frutos; características.

SUMMARY

In 1976 was found for the first time in Venezuela the citrus tristeza virus transmitter, the *Toxoptera citricida* Kirk., and in 1979 occurs the first outbreak by the death of trees. All of those successes brought about the introduction of different Citrus cultivars to be evaluated as rootstocks. However, little is known about the fruit characteristics of the introduced rootstocks. The objective of this work was to study the fruit characteristics of eight Citrus rootstocks: *Citrus volkameriana* Pasq. (VOL), the citrumelos *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus paradisi* Macf. Swingle (SWI) and Yuma (YUM), the citranges *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus sinensis* Osb. Carrizo (CAR), Troyer (TRO) and Uvalde (UVA), Cleopatra mandarin (CLE), *Citrus reshni* ex Hort. Tan., and Citremon 1449 (CIT) *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus limon* L. There were selected five trees for each rootstock of uniform size and vigor. From each tree ten fruits were harvested in a randomize form, and we measured the mean weight, distal and equatorial fruit diameter, thickness of rind and number of seeds. In addition, it was calculated the distal/equatorial relation, mean seed number by fruit in a 100 g and a kilogram base, and seed weight. In this paper it is shown the characteristics of the fruits of the evaluated rootstocks.

Key Words: Citrus; rootstoks; fruits; characeristics.

RECIBIDO: junio 09, 2006

APROBADO: julio 02, 2007

INTRODUCCIÓN

En 1960 fue detectada por primera vez la presencia del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) Venezuela en árboles de limón criollo, *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing, (Knorr *et al.*, 1960). Pero no es hasta 1976 cuando se detecta por primera vez la presencia del áfido *Toxoptera citricida* Kirk., el principal vector del virus (Geraud 1976). En 1979 se encontró el primer foco de árboles muertos por el virus en el sector Albarico del estado Yaracuy, Venezuela (Mendt *et al.*, 1984), y el primer foco explosivo del virus se inició en los Valles Altos de Carabobo-Yaracuy en 1980.

Todos estos acontecimientos determinaron que a partir de 1979 el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) y otras estaciones experimentales del actual Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) establecieran ensayos con portainjertos para los naranjos 'Valencia' y 'California', limero 'Persa' y mandarino Dancy en diferentes partes del país.

El objetivo de esos ensayos fue evaluar la combinación cultivar/portainjertos en diferente área agroecológicas a través de la producción, la productividad y la calidad del fruto, así como observar la eventual aparición de árboles afectados por el CTV (Monteverde *et al.*, 1991; 1996; 1998; Montilla de Bravo y Gallardo 1994^a; 1994^b; Quijada *et al.*, 2002; Solórzano y Toltolero, 1999).

Sin embargo, poca atención se le ha prestado a las características del fruto de los portainjertos para cítricos que se introdujeron al país para evaluar su comportamiento con los diferentes cultivares. Por tanto el objetivo de este trabajo fue determinar algunas características del fruto de ocho portainjertos que sirvan para la toma de decisiones en el momento de establecer los semilleros por parte de los viveristas y al mismo tiempo proveer información a los investigadores que deseen profundizar sobre el tema.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el huerto de introducción de germoplasma de cítricos del CENIAP plantado a 8x4m en hileras de 25 árboles el 2 de agosto de 1978 se escogieron 8 portainjertos para el estudio de las características del

fruto cuando los árboles que tenían 8 años de edad. Los portainjertos se plantaron originalmente a pie franco de semillas provenientes del vivero Willits and Newcomb, Alvin, California, USA.

Los portainjertos utilizados fueron limonero Volkameriana *Citrus Volkameriana* Pasq. (VOL), los citrumelos *Poncirus trifoliata* Raf x *Citrus paradisi* Macf. Swingle (SWI) y Yuma (YUM), los citranges *Poncirus trifoliata* Raf x *Citrus sinensis* Osb. Carrizo (CAR), Troyer (TRO) y Uvalde (UVA), mandarino Cleopatra *Citrus reshni* ex Hort. Tan. (CLE) y Citremon 1449 *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus limon* L. (CIT).

El estudio de las características del fruto se hizo durante 3 años consecutivos, 1986-88. Para ello se tomaron 5 árboles por portainjertos con características uniformes en tamaño y vigor. De cada árbol se tomaron diez frutos al azar, se les determinó el peso promedio, diámetro distal y ecuatorial y grosor de la cáscara. Además, se calculó la relación diámetro distal/diámetro ecuatorial como índice de la forma del fruto. Para el estudio de las características de las semillas de los frutos se contaron el número de semillas de los diez frutos de cada árbol y se determinó el promedio por año.

Para determinar el número de semillas/kg se cosecharon frutos de cada uno de los 5 árboles en forma individual, extrayendo las semillas para secarse al aire. Luego de cada uno de los 5 árboles se pesaron 100 g y contaron el número de semillas/100 g. Para obtener el número de semillas por kg se multiplicó por 2 el total de semilla de los 5 árboles (0,500kg x 2= 1kg).

El análisis y procesamiento de los datos se basó en un análisis de varianza (ANAVAR) de 2 factores (años y portainjertos) sin repeticiones y las medias fueron separadas utilizando la prueba de las mínimas diferencias significativas a un nivel P=0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso del Fruto. Hubo diferencias significativas entre los portainjertos ver Cuadro. VOL tuvo el fruto de mayor peso con 188g. Mientras CIT fue el fruto de menor peso promedio con 68g. Además, se evidencia

que hubo 3 grupos bien diferenciados en cuanto al peso, el de mayor peso VOL (188g), los frutos de peso intermedio SWI (134g) y YUM (108g) y los de menor peso UVA (81g), CAR (78g) TRO (72g), CLE (71g) y CIT (68g). En estos 3 grupos no hubo diferencias estadísticas dentro del grupo.

Grosor de la Cáscara. YUM significativamente fue el fruto con la cáscara más gruesa con 5,29 mm, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas con SWI con un grosor de 4,67mm. CAR, TRO, UVA y CLE tuvieron la cáscara más delgada (2,30-2,94 mm), no habiendo diferencias significativas entre ellos. Mientras CIT y VOL tuvieron un grosor de cáscara intermedio (4,18-3,85mm) como se observa en el Cuadro.

Diámetro Distal del Fruto. El diámetro distal de los frutos se clasificó en 4 grupos, VOL y SWI fueron los frutos con mayor eje vertical con 73,69mm y 68,88mm, respectivamente, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos. Esto fue seguido de YUM que constituyó el segundo grupo con un diámetro medio de 62mm. CAR, UVA, CIT Y TRO constituyeron el tercer grupo, mientras que CLE formó el cuarto grupo con el menor diámetro distal (ver Cuadro).

Diámetro Ecuatorial del Fruto. Existen dos grupos significativamente diferenciados, el primer grupo formado por VOL, SWI y YUM que tuvieron el mayor diámetro ecuatorial del fruto con 65,71mm, 62,95mm y 62,89mm, respectivamente. El segundo grupo tuvo menor diámetro que el primero formado por CAR, UVA CLE, CIT y TRO (52,02-54,72mm), no habiendo diferencias significativas entre ellos.

Relación diámetro distal/ecuatorial (d/e). Esta relación da tres grupos de la forma del fruto que se diferenciaron estadísticamente. El primer grupo esta formado por VOL y SWI con una relación de 1,123 y 1,093, respectivamente, por lo que tienen forma *piriforme*. El segundo grupo esta formado por UVA, CIT, CAR, TRO y YUM con una relación que varia entre 1,008 a 0,985, por lo que los frutos son de forma *esferoide*. El tercer grupo esta formado por CLE con una relación de 0,808, por lo que su forma es *achatada*.

Número de semillas por fruto. Claramente se observa que existen tres grupos significativamente diferentes, pero similares dentro de cada grupo. El primer grupo esta formado por VOL con 22 semillas/fruto y SWI con 18 semillas/fruto. El segundo grupo, por YUM y CLE, con 14-16 semillas/fruto y el tercer grupo CIT, CAR, TRO y UVA con un número de semillas que varió entre 9 y 12 semillas/fruto.

CUADRO. Evaluación de algunas características de fruto de ocho portainjertos para cítricos en al campo experimental del CENIAP, Maracay-Venezuela.

Portainjerto	Peso fruto g	Grosor Cáscara mm	Diámetro Distal mm	Diámetro Ecuatorial mm	Distal/ Ecuatorial	Semillas/ Fruto no.	Semillas/kg no.	Peso Semillas g
VOL	188 a	3,8 c	73,69 a	65,71 a	1,123 a	22 a	119966 a	0,087 d
SWI	134 b	4,67 ab	68,88 a	62,95 a	1,093 a	18 ab	5784 cd	0,150 b
YUM	108 bc	5,29 a	62,00 b	62,89 a	0,985 b	14 bc	7227 bc	0,140 bc
UVA	81 cd	2,49 d	54,39 c	53,55 b	1,008 b	12 cd	4981 cd	0,216 a
CAR	78 d	2,94 d	54,98 c	54,72 b	1,004 b	11 cd	5330 cd	0,192 a
TRO	72 d	2,82 d	51,93 c	52,02 b	0,997 b	11 cd	4905 d	0,207 a
CLE	71 d	2,30 d	45,64 d	53,38 b	0,808 c	16 bc	8229 bc	0,123 cd
CIT	68 d	4,18 bc	52,81 c	52,42 b	1,004 b	9 cd	9357 ab	0,109 cd
Significación	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	42,52	31,47	16,81	11,79	9,10	33,17	35,80	32,69

Medias seguidas de letras diferentes son significativas diferentes al 1%(**)

Número de semillas por kg. También existen 3 grupos estadísticamente diferenciados. En el primer grupo están VOL 11996 semillas/kg y CIT 9357 semillas/kg. El segundo grupo estuvo formado por YUM y CLE con 7227-8229 semillas/kg y un tercer grupo por TRO, UVA, CAR y SWI con un promedio que entre 4905-5784 (ver Cuadro).

Peso de las semillas. También en el peso de la semilla aparecen tres grupos estadísticamente diferenciados, pero similares dentro de ellos. El primer grupo esta formado por UVA 0,216g, TRO 0,207g y CAR 0,192g. El grupo intermedio esta formado por SWI y YUM con 0,150g y 0,140g, respectivamente. Las semillas de menor peso promedio fueron CLE 0,123g, CIT 0,109 y VOL 0,087g (ver Cuadro).

CLE es una mandarina originaria de la India introducida a USA a través de Jamaica antes de 1888 (Hodgson, 1967), de ahí se ha difundido a diferentes partes del mundo.

CLE tiene forma *achatada* y es uno de los frutos más pequeños por el peso y el diámetro, aunque tuvo 16 semillas/fruto y 8229 semillas/kg, sólo por debajo de VOL y CIT. Estos valores son bastante similares a los obtenidos por Simon *et al.* (1985), pero estuvo dentro del grupo de semillas con menor peso. En vivero se puede injertar antes de los 4 meses después del transplante a la bolsa (Reyes y Ruiz, 1984).

CLE es tolerante a tristeza, psorosis, exocortis y cachexia, aunque puede ser afectado por "blight" o declinio y tiene el mismo nivel de tolerancia a este patógeno que los naranjos dulce *Citrus sinensis* Osb. y Agrio *Citrus aurantium* L., que son los más tolerantes. También es tolerante *Phytophthora parasitica* cuando los árboles se encuentran suelos bien drenados, pero susceptible en suelos mal drenados (Castle *et al.*, 1993). CLE induce árboles de gran tamaño, pero es lento para llegar a la máxima producción con 'Valencia', alcanzando su pico de producción máxima en el décimo año, aunque los frutos en CLE son de muy buena calidad (Monteverde *et al.*, 1996).

VOL fue descrita por primera vez por Pasquale y Tenore en 1847, pero fue Pasquale quien lo llevó a la categoría de especie en 1867 (Chapot 1965). Este mismo autor describe las características pomológicas

y señala que el fruto tiene un peso promedio de 89g, diámetro distal 58mm, diámetro ecuatorial 53mm y relación d/e de 0,80 a 1,09, así como el número de semillas por fruto era de 14. Evidentemente estas características suministradas por Chapot difieren a las observadas en el Cuadro, por que VOL tuvo mayor peso del fruto con 188g, de forma *piriforme* y mayor número de semillas por fruto y por kg con 22 y 11996, respectivamente.

Varios factores pudiesen influir sobre esto, entre ellos las altas temperaturas de las zonas tropicales inducirían valores mayores. Platz y Opitz (1973) sostienen que las características del fruto pueden variar entre una cosecha y otra, y que mayor número de semillas es encontrado en los años de mayor cosecha. Es uno de los portainjertos que esta más temprano listo para la injertación, menos de 4 meses después del transplante a bolsa (Reyes y Ruiz, 1984).

VOL fue uno de los portainjertos que contribuyó a la recuperación de la citricultura venezolana después de la aparición de la tristeza de los cítricos debido a que induce producción alta y precoz en naranjo con Valencia (Monteverde *et al.*, 1991). Además, VOL es señalado como tolerante a la tristeza de los cítricos, exocortis y *Phytophthora parasitica* (Ferguson y Garnsey, 1987). Pero Salibe y Cereda (1984) sostienen que la tolerancia a tristeza y cachexia depende del clon, aunque su mayor debilidad es la susceptibilidad a "blight" (Beretta *et al.*, 1988).

TRO y CAR se originaron de una plántula zigótica proveniente de la polinización de flores de Washington Navel con *Poncirus trifoliata* Raf., efectuada por Savage en 1909 (Riverside, California, USA). Este material fue enviado a por primera vez a el señor A. M. Troyer en Fairhope, Alabama en 1913, de allí tomó el nombre de Troyer. Un segundo envío se hizo de plantas sobre *P. trifoliata* a Winter Haven, Texas al cual W: T: Swingle le dió el nombre de Carrizo en 1938 (Savage y Gardner, 1965).

Las características morfológicas del fruto de TRO y CAR son estadísticamente muy similares, con tendencia a ser ambos frutos de forma *esferoide*. Sin embargo se ha observado que CAR induce árboles más vigorosos que TRO cuando se ha injertado con naranjo Valencia en los Valles Altos de Carabobo, Venezuela (Monteverde *et al.*, 1996). Aunque en un

ensayo establecido en la depresión de Sicarigua en el estado Lara, Venezuela, CAR y TRO fueron los de mayor altura, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos (Montilla y Gallardo, 1994^a). Estos dos portainjertos están listos para la injertación en cinco meses después del trasplante (Reyes y Ruiz, 1984).

TRO y CAR pueden ser afectados por tristeza bajo ciertas condiciones ambientales (Calavan *et al.*, 1974). Ambos portainjertos son susceptibles a exocortis, “blight” y tolerantes a cachexia (Cohen y Wutscher, 1977; Ferguson y Garnsey, 1987; Castle, 1987). También ambos portainjertos son tolerantes a *Phytophthora* sp (Whiteside *et al.*, 1988).

SWI fue una hibridación entre *Poncirus trifoliata* Raf. y grapefruit, *Citrus paradisi* Macf., efectuada por W. T. Swingle en 1907 en Eustis, Florida, USA y ofrecido a los viveristas en 1974 por Agricultural Research Service, perteneciente al departamento de Agricultura de USA (Hutchison, 1974). Ese autor evalúa algunas características del fruto y señala que SWI tiene un peso promedio de 25g, muy inferior al peso encontrado en este trabajo, aunque el número de semillas por fruto es muy similar. El mismo autor señala que el diámetro distal y ecuatorial del fruto es de 75mm y 63mm, lo que da una forma *piriforme*, similar a los valores de esta investigación.

SWI es un fruto con valores similares a VOL en este trabajo, aunque en cuanto al número de semillas por kg estuvo dentro del grupo menor, pero el peso de la semilla por fruto ocupó un lugar intermedio. SWI esta listo para la injertación en cuatro meses después del trasplante a bolsa (Reyes y Ruiz, 1984).

SWI es tolerante a tristeza, exocortis y cachexia (Hutchison, 1974; Wutscher, 1979) y presenta baja incidencia de “blight” (Castle *et al.*, 1993)

UVA se presenta como un fruto de forma *esferoide*, cáscara delgada, muy similar a CLE, pero más pasado que este último, con 12 semillas/fruto, aunque Hutchison (1977) estudia 9 semillas por fruto, y en vivero esta listo para ser injertado a los cuatro meses (Reyes y Ruiz 1984). UVA es susceptible a tristeza (Bitters, 1972), pero por su condición de citrange, debe ser susceptible a enfermedades causadas por virus y viroides similares a las que afectan a TRO y CAR.

YUM es un fruto de peso intermedio, aunque de cáscara más gruesa que el resto de los frutos y de forma *esferoide* y con 14 semillas por fruto. Además, es susceptible a tristeza (Van Vureen y Da Graca, 1996), tolerante a exocortis, cachexia y *Phytophthora parasitica* (Monteverde *et al.*, 2000).

CIT fue el fruto de menor peso, también estuvo entre los de menor diámetro distal y ecuatorial, de forma *esferoide*. Asimismo, tuvo el menor número de semillas por fruto, pero el mayor número de semillas por kg, por ser una de las semillas de menor peso.

Bitters (1972), señala a CIT como susceptible a tristeza y en un ensayo de portainjertos en los Valles Altos de Carabobo, Venezuela, los árboles de Valencia sobre CIT fueron severamente afectados por el virus. Esto tuvo un efecto depresivo sobre la producción y el porcentaje de jugo, pero la presencia de tristeza no afectó el peso, número de semillas y sólidos solubles totales de del fruto de Valencia (Monteverde *et al.*, 1996).

CONCLUSIONES

- VOL tuvo el fruto más pesado (188 g), mientras que CIT fue el menos pesado (68 g), ligeramente por debajo de CLE.
- YUM tuvo la cáscara mas gruesa y CLE la más delgada.
- VOL y SWI tuvieron una forma *piriforme*, UVA, CIT, CAR, TRO y YUMA una forma *esferoide* y CLE *achatada*.
- SWI y VOL tuvieron 18-22 semillas/fruto, YUM y CLE 14-16 semillas/fruto y CIT, CAR, TRO y UVA 9-12 semillas/fruto.
- CIT y VOL tuvieron 9357-11996 semillas/kg, YUM y CLE 7227-8229 semillas/kg y TRO, UVA, CAR y SWI 4905-5784 semillas/kg.
- Las semillas más pesadas fueron UVA, TRO y CAR; SWI y YUMA tuvieron un peso intermedio, mientras que CLE, CIT Y VOL fueron las menos pesadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Beretta, J. M. G. V. Rosseti, J. M. Pompeu Jr and T.J. Sobrinho. 1988. Behavior of different citrus rootstocks to decline. Proc. 6th Intern Citrus Congr 2: 1039-1046. Sao Paulo, Brazil.
- Bitters, W. P. 1972. Reaction of some new citrus hybrids and citrus introductions as rootstocks to inoculations with tristeza in California. Proc. 5th Conf. Intern. Org. Citrus Virologist (IOCV). Gainsville, Florida. p. 112-120.
- Calavan, E. C., R. L. Blue, R. M. Burns and A. W. Lee. 1974. Experimentally induced long term effects of tristeza virus in Valencia orange on citrange, Red Rough lemon and trifoliolate orange rootstocks. Proc. 6th Conf. Intern. Org. Citrus Virologist (IOCV), Riverside, California. p. 94-96.
- Castle, W. S. 1987. Citrus Rootstocks. In Rootstocks for Fruit Crops. R. C. Rom and R. F. Carlson (ed.). John Wiley & Sons. New York, 494 p.
- Castle, W. S., D. P. H. Tucker, A. H. Krezdorn and C. O. Youtsey. 1993. Rootstocks for Florida citrus. Rootstock selection. The first step to success. Univ. Florida Coop. Ext. Serv. IFAS. SP 42, 92 p.
- Chapot, H. 1965. Le Citrus Volkameriana Pasquale. Al Awamia 14: 29-45. Rabat, Morocco.
- Cohen, M. and H. K. Wutscher. 1977. Diagnosis of tree with citrus blight. Proc. Intern. Soc. Citriculture 3:884-886.
- Ferguson, J. J. and S. M. Garnsey. 1987. Citrus virus and viruslike diseases. In Florida Citrus Integrated Pest and Crop Management Handbook J. L. Kapp editor, Florida Coop. Ext Serv. IFAS. Univ. Florida Press. P. XIV-1 TO XIV-24. SP 14.
- Geraud, F. 1976. El áfido negro de los cítricos *Toxoptera citricida* Kirkaly en Venezuela (Resumen). **In:** Ier Encuentro Venezolano de Entomología. Univ. Cent. Venezuela, Fac. Agron.. Maracay.
- Hodgson, R. W. 1967. Horticultural varieties of citrus. **In:** Citrus Industry 1:431-588. Univ. California Div. Agric. Sc. Riverside.
- Hutchison, D. J. 1974. Swingle Citrumelo – A promising rootstock hybrid. Proc. Florida State Hort. Soc. 87: 89-91.
- Hutchison, D. J. 1977. Influence of the rootstock on the performance of Valencia sweet orange. Proc. Intern. Soc. Citriculture 2:523-525.
- Knorr, L. C. G. Malaguti y D. Serpa. 1960. Descubrimiento de la tristeza de los cítricos en Venezuela. Agronomía Trop. 20(1):3-12.
- Mendt, M., G. Plaza, R. Boscan, J. Martinez and R. Lastra. 1984. Spread of citrus tristeza virus and evaluation of tolerant rootstocks in Venezuela. **In:** Proc. 9th Conf. Intern. Org. Citrus Virologist (IOCV). Riverside, California. p. 95-99.
- Monteverde E. E., G. Laborem, y C. Marín R. 1998. Evaluación del naranjo California (Washington Navel) *Citrus sinensis* sobre 10 portainjertos en los Valles Altos Carabobo Yaracuy, Venezuela. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 42: 148-160.
- Monteverde, E. E., F. Reyes, J. R. Ruiz y M. Espinoza. 1991. Evaluación del naranjo Valencia sobre seis portainjertos en los Valles Altos de Carabobo - Yaracuy, Venezuela. Agronomía Trop. 41(3-4):119-134.
- Monteverde, E. E., G. Laborem, J. R. Ruiz. M., M. Espinoza y C. Guerra. 1996. Evaluación del naranjo Valencia sobre siete portainjertos en los Valles Altos de Carabobo - Yaracuy, Venezuela. 1984-91. Agronomía Trop. 46(4):371-393.
- Monteverde, E. E., F. Reyes, G. Laborem, J. R. Ruiz, C. Guerra, M. Rodríguez y C. Marín R. 2000. Investigación para el mejoramiento de los cítricos en Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 43 p. (Serie D No. 43).
- Montilla De Bravo I. y E. Gallardo. 1994^a Comportamiento del naranjo Valencia sobre trece patrones en Lara, Venezuela. I. Crecimiento. Agronomía Trop. 44(4):619-628.

- Montilla De Bravo, I. y E. Gallardo. 1994^b. Comportamiento del naranjo Valencia sobre trece patrones en Lara, Venezuela. II. Producción y calidad de fruta. *Agronomía Trop.* 44(4):629-643.
- Platt, R. G. and K. W. Opitz. 1973. Propagation of Citrus. *The Citrus Industry* 3:1-47. Univ. California. Div. Agr. Sc. Riverside.
- Quijada, O., O. Jimenez, M. Matheus y E. Monteverde. 2002. Evaluación del limero Tahiti sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agronomía (LUZ)* 19:143-184.
- Reyes F. y J. R. Ruiz 1984. Comportamiento en vivero de patrones de cítricos tolerantes a tristeza. *Agronomía Trop.* 34(4-6):35-41.
- Salibe A. A. and E. Cedera. 1984. Limitation of use of Volkamer lemon for citrus. *Proc. 9th Conf. Intern. Org. Citrus Virologist IOCV.* Riverside, California. p. 371-373.
- Simon, A., R. Jimenez y M. A. Santos 1985. Comportamiento de 13 patrones cítricos en lo concerniente a la producción de semillas. *Agrotécnica de Cuba* 17(1):17-23.
- Savage, E. M. and F. E. Gardner. 1965. The origin and history of Troyer and Carrizo citranges. *Citrus Ind.* 46(2):5-7.
- Solorzano, E. y J. J. Tortolero. 1999. Evaluación del mandarino Dancy **Citrus reticulata* Blanco sobre 10 portainjertos, en Salieron, estado Miranda. **In:** Taller de Resultados de Investigación en Frutales: cítricos, mango, aguacate, y musáceas. INIA-CENIAP. Publ. Esp. No. 5. 103 p.
- Van Vureen, S. P. and J. V. Da Graca. 1996. Effects of citrus isolates and citrus viroid isolate on growth and production of Delta Valencia on Yuma citrange rootstock. *Proc. 13th Conf. IOCV.* Riverside, California. p. 158-162.
- Whiteside, J. O., S. M. Garnsey and L. W. Timmer. 1988. Fungal diseases in nurseries and orchards. **In:** Compendium of citrus diseases. *Amer. Phytop. Soc (APS).* St Paul, Minnesota. p. 7-30.
- Wutscher, H. K. 1979. Citrus rootstocks. *In Hort. Rev.* 1:237-269.

BASE GENÉTICA DE LOS CULTIVARES DE ARROZ DE RIEGO LIBERADOS EN VENEZUELA

GENETIC BASE OF THE VARIETIES IRRIGATED OF RICE RELEASED IN VENEZUELA

Marco Acevedo*, **Edgar Torres****, **Orlando Moreno*****, **Rosa Alvarez*****, **Orlando Torres******,
William Castrillo*, **Gelis Torrealba***, **Edicta Reyes*****, **Magelys Salazar****** y **María Navas******

* Investigadores. INIA. CIAE-Guárico. Km 27, carretera Calabozo. San Fernando de Apure, sector Bancos de San Pedro.

Apdo. 14. Calabozo, estado Guárico, Venezuela. E-mail: macevedo@inia.gov.ve.

** Investigador. Fondo Latinoamericano y del Caribe de arroz de riego. E-mail: edgar_torres@hotmail.com

*** Investigadores. INIA. CIAE-Portuguesa. omoreno@inia.gov.ve **** Investigadores. INIA. CIAE-Barinas. otorres@inia.gov.ve

RESUMEN

La genealogía de 19 variedades de arroz, *Oryza sativa* L., de riego liberadas en Venezuela durante el período 1978-2006, fueron analizadas con los objetivos de determinar el número de ancestrales presentes, así como estimar su contribución genética relativa. Los resultados mostraron que la mayoría (56%) de los ancestrales fueron originados en la Asia, mientras que los de origen americano y africanos aportaron 10% cada uno. El análisis del pedigrí mostró que 59 ancestrales contribuyeron con el 99,99% de la base genética (BG) y sólo 5 ancestrales están presentes en todas las variedades estudiadas con una contribución genética acumulada (CGA) de 51,89%. Cuando se analiza la BG del arroz en Venezuela sólo 16 líneas ancestrales poseen una CGA de 80,47%. Si se consideran los materiales que aportan más del 2% de los genes, este número se reduce a 12 ancestrales y su CGA es de 74,48%. Los resultados obtenidos permiten inferir que la BG del arroz en Venezuela es más estrecha que la del arroz en América Latina y similar a la del arroz de riego en Brasil. Cuando se consideran únicamente los cultivares más sembrados para el año 2005, la tendencia es similar a la presentada. Incrementar la BG del cultivo arroz en Venezuela sería recomendable para el mejoramiento genético, ya que permitiría lograr en corto o mediano plazo mayores ganancias por selección, además de evitar posible vulnerabilidad genética. Esta información es de gran importancia, pues permite orientar adecuadamente los futuros cruzamientos dentro de los programas de mejoramiento del cultivo en Venezuela.

Palabras Clave: Cultivares; arroz de riego; *Oryza sativa* L.; genealogía; base genética.

SUMMARY

The genealogy of 19 varieties of irrigated rice, *Oryza sativa* L., liberated in Venezuela during the years 1978-2006, were analyzed with the objective to determine the number of ancestors present, also to estimate its relative genetic contribution. The results indicated that the majority (56%) of the ancestors were originated in Asia, while the ones of American and African origin provided 10% each one. The pedigree analysis showed that 59 ancestors contributed with 99,99% of the genetic base and only 5 ancestors are present in all the varieties studied, with a genetic accumulated contribution (CGA) of 51,89%. When the genetic base of rice in Venezuela is analyzed, only 16 ancestors lines possesses a CGA of 80,47%. If the material that contributed with more than 2% of the genes are considered, this number is reduced to 12 ancestors and its CGA is of 74,48%. The results allow to infer that the genetic base of rice in Venezuela is more stretch than that of Latin America and similar to that of irrigate rice in Brazil. It is recommended to increase the genetic base of the Venezuelan varieties, which will allow, in the short and middle time, to win in selection, in addition to avoid possible genetic vulnerability. This information is of great importance because it allows to address future crossing in the breeding program of rice in Venezuela.

Key Words: Cultivars; irrigation of rice; *Oryza sativa* L.; genealogy; genetic base.

RECIBIDO: noviembre 14, 2006

APROBADO: marzo 05, 2007

INTRODUCCIÓN

En programas de mejoramiento genético de especies autóгамas, es usual la utilización de la variabilidad genética disponible en las variedades locales o introducidas. Cuando esta variabilidad no existe, el fitomejorador debe formar nuevas poblaciones en las cuales realizar selección. Estas deben poseer promedio elevado y varianza alta para la característica deseada. Para lograr el primer objetivo, generalmente los fitomejoradores recurren a cruzamientos de tipo élite por élite entre líneas que de alguna forma comparten parte de sus genes.

Estos cruzamientos entre líneas emparentadas y el uso repetido de ciertos progenitores, conducen al aumento del parentesco y la endogamia, lo cual reduce la base genética (BG). Además, la falta de cruzamientos dentro de la población debido a la autofecundación en estas especies, restringe la recombinación. De esta forma, ocurre un aumento de la similaridad entre los cultivares utilizados limitando la diversidad genética e incrementando la vulnerabilidad para estreses bióticos.

Estudios previos han demostrado que la BG del arroz, *Oryza sativa* L., en Latino América es reducida. Cuevas *et al.* (1992), estudiaron la BG del arroz para Latina América y el Caribe en el período 1971-1989. Este estudio muestra que de manera general en Latino América 36% de los genes de las variedades utilizadas comercialmente provienen de los ancestrales de la variedad “IR 8” y que al menos 14 ancestrales contribuyen con aproximadamente con 70% de los genes, incrementando el parentesco entre las cultivares. Guimarães *et al.* (1995) estudiaron la diversidad genética del germoplasma de arroz de secano producido en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT) y señalan que este presenta una tendencia similar al del arroz bajo riego.

Además indican que la alta intensidad de selección para tolerancia a enfermedades y características agronómicas, contribuyen para la reducción de la BG. Recomiendan que para ampliar la BG del programa se debe favorecer la selección en condiciones locales y el uso del mejoramiento poblacional. Rangel *et al.* (1996) señalaron que en Brasil en la década de los 80, la ganancia genética por selección fue baja debido a la estrecha BG encontrada entre los materiales utilizados.

Los autores concluyen que 10 líneas ancestrales contribuyen con el 68% del conjunto génico de las variedades. Además, constataron que los cultivares más sembrados contenían siete introducciones responsables por el 70% de los genes. En consecuencia, reconocen que existe la necesidad de aumentar la BG del arroz de riego para romper con el techo de productividad y así evitar riesgo de vulnerabilidad genética.

Resultados similares fueron encontrados en otras regiones. Dilday (1990) en un estudio sobre la BG de los cultivares de arroz utilizados en los Estados Unidos de América encontró que las variedades de la región sur son originadas de 22 ancestrales y los cultivares de la región occidental son oriundas de 23. También encontró que las variedades de grano largo “Lebonnet” y “Lemont” tienen más del 72% de sus genes en común, mientras que las variedades de grano medio “Calrose” y “Caloro” poseen 9% de sus genes en común, esto muestra la estrecha base genética de los materiales de arroz de riego en EEUU. Lin (1991) evaluó la BG de las variedades de arroz Japónica en Taiwán, encontrando que las 99 variedades liberadas durante el período 1940-1987 fueron originadas de 65 ancestrales.

Entre estos, 44 introducciones procedieron de Japón y contribuyeron con más del 85% de los genes y sólo 11 de Taiwán. Dos introducciones “Sinriki” y “Kameji” tuvieron una contribución de genes en promedio alta con valores entre 21,3% y 16,7%, respectivamente. Estos resultados demuestran la estrecha BG en las variedades de arroz Japónica en Taiwán.

El conocimiento de la BG de un cultivo es fundamental para diseñar estrategias de mejoramiento tendientes a aumentar las ganancias por selección y reducir la vulnerabilidad genética. Sin embargo, en Venezuela no se conocen estudios sobre la BG de los cultivares de arroz. En consecuencia, los objetivos del trabajo son determinar el número de ancestrales presentes al menos una vez en el pedigrí de las variedades de arroz de riego liberadas en Venezuela en el período 1978-2006 y estimar las contribuciones genética relativa (CGR) de los ancestrales en dichas variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio fueron analizadas las genealogías correspondientes a 19 cultivares (Cuadro 1), aprobados o en proceso de aprobación por el Servicio Nacional de Semillas (SENASA) para uso como cultivares comerciales, durante el período comprendido desde 1978 hasta el 2006. Estos materiales fueron liberados por instituciones públicas o privadas que realizan investigaciones en mejoramiento genético de arroz y ocupan u ocuparon alguna área importante de producción en el país.

CUADRO 1. Variedades de arroz de riego liberadas en Venezuela período 1978-2006.

Número	Variedad	Año de Liberación	Institución
1	Araure 1	1978	FONAIAP♣
2	Ciarllacen 1	1979	FONAIAP
3	Araure 2	1982	FONAIAP
4	Araure 3	1984	FONAIAP
5	Araure 4	1984	FONAIAP
6	Cimarrón	1988	FONAIAP
7	Palmar	1988	FONAIAP
8	Fonaiap 1	1993	FONAIAP
9	Fonaiap 2	1993	FONAIAP
10	Fonaiap 2000	2000	FONAIAP
11	Fundarroz PN-1	2000	INIA-Fundarroz
12	Zeta 15	2000	Fusagri
13	D`Primera	2001	Fundación Danac
14	D`Sativa	2002	Fundación Danac
15	Fedearroz 50	2002	Aproscello
16	Venezuela 21	2003	INIA-Fundarroz
17	Fedearroz 2000	2004	Aproscello♦
18	D`Oryza	2005	Fundación Danac
19	Centauro	2006	INIA-Fundarroz

Fuente: Torrealba *et al.* (2004). Variedades de arroz en Venezuela.

♣ Fondo Nacional de Investigaciones Agrícola (Fonaiap) a partir del año 2000 cambia para Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA). ♦ Variedad de arroz sin solicitud de elegibilidad ante SENASEM.

La información utilizada en este estudio fue obtenida por consulta en el sistema de base de datos del Sistema Internacional de Información de Cultivos, acrónimo en inglés, "ICIS". En arroz la implementación es conocida como Sistema Internacional de Información de Arroz denominada "IRIS" (www.irri.cgiar.org/IRIS). Este sistema de datos esta siendo desarrollado por varios centros de investigación del grupo consultivo para la investigación agrícola "CGIAR". Consiste en una base de datos computarizada de libre acceso a través de Internet que permite un mejor manejo y utilización para el mejoramiento genético de la información relacionada con la genealogía, nomenclatura, evaluación y caracterización de germoplasma de arroz. La información fue complementada con la publicación sobre registros de cruzamientos realizados por el programa de arroz del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el CIAT durante el período 1957-1986, (CIAT 1987).

Para cada cultivar fueron identificados los ancestrales presentes en la genealogía, el país de origen y la contribución genética, utilizando en comando. MGM en el modulo BROWSE del IRIS. La contribución genética, comando (CONT) indica la probabilidad de que un alelo tomado al azar en un genotipo sea derivado de determinado ancestral. En cuanto que un ancestral corresponde al cultivar terminal, también conocido como "landrace" con progenitores no conocidos y que no está emparentado con otros ancestrales, es decir el coeficiente de endogamia es cero ($F=0$).

La contribución genética (CG), corresponde a la proporción teórica de genes que vienen de un ancestral después del análisis de su pedigrí, ya que se asume que cuando un cruce es hecho 50% de los genes vienen de cada uno de los progenitores, Delannay *et al.* (1983). La CGR de un ancestral corresponde al promedio de las CG en todos los cultivares estudiados, este fue determinado sumando la CG de un ancestral dividido entre en número de veces que se repite en los 19 variedades.

Los ancestrales fueron ordenados de forma decrecientes en cuanto a su CGR y la suma sucesiva de dicha contribuciones generó la contribución genética acumulada (CGA). La frecuencia en el pedigrí (FP) o frecuencia de presencia relativa (FPR), viene dado

por el número de veces que un determinado ancestral participó en el conjunto génico de los cultivares estudiados, cuando el FP es igual a 19, (FPR 100%), indica que dicho ancestral contribuye con genes para todos los cultivares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del pedigrí de las 19 variedades de arroz estudiadas, mostró que 59 ancestrales contribuyen con la BG del arroz de riego en Venezuela (Cuadro 2). La mayoría de estos 33 fueron originados en Asia (ver Figura). Entre los materiales asiáticos, el mayor número procede de la India con 9 ancestrales, seguido de Taiwán con 6, Filipinas con 5, Tailandia y Japón con 3, Indonesia y Vietnam con 2 y finalmente, China, Sri Lanka y Malasia dieron origen a un ancestral, respectivamente.

CUADRO 2. Ancestrales, origen y frecuencia de presencia en los pedigrís (FP) de 19 variedades de arroz, liberadas entre 1978-2006.

Número	Ancestral	Origen	FP [†]
a) Origen Asiático			
1	DEE GEO WOO GEN	Taiwán	19
2	LATISAIL	India	19
3	CINA	China	19
4	MARONG PAROC	Filipina	19
5	PA CHIAM	Taiwán	19
6	TSAI YUAN CHUNG	Taiwán	15
7	MONG CHIM VANG A	Vietnam	15
8	TADUKAN	Filipina	14
9	TAKAO IKU 18	Taiwán	14
10	IGT	Taiwán	14
11	C 74	Filipinas	13
12	KHAO DAWK MALI	Tailandia	13
13	TETEP	Vietnam	13
14	BENONG	Indonesia	12
15	KITCHILI SAMBA	India	11
16	UNKNOWN (INDIA)	India	11
17	SINAWPAGH	Filipinas	11
18	UNKNOWN (JAPANESE)	Japón	11
19	O NIVARA	India	11

... continúa

... continuación Cuadro 1.

Número	Ancestral	Origen	FP [†]
20	THEKKAN	India	10
21	ERAVAPANDI	India	10
22	VELLAIKAR	India	9
23	TR	Malasia	8
24	BAYANG	Indonesia	7
25	CARREON	Filipinas	6
26	GAM PAI	Tailandia	5
27	KIRYOUYOSHI	Japón	5
28	OLOAN CHU	Taiwán	5
29	KAMEJI	Japón	5
30	NAM SAGUI	Tailandia	4
31	PANKHARI 203	India	4
32	D 52-37	India	3
33	H 105 Sri	Lanka	2

b) Origen Americano

34	HILL SEL	USA	16
35	PALMIRA 105	Costa Rica	14
36	BATATAIS	Brasil	4
37	MACHIQUE	Guyana	3
38	D 85-42	Guyana	3
39	IGUAPE CATETO	Brasil	2

c) Origen Africano

40	DISSI HATIF	Senegal	7
41	MAKALIOKA	Madagascar	5
42	560	Liberia	4
43	VARIETY FROM ZAIRE	Zaire	4
44	OS 6	Zaire	2
45	MOROBBEREKAN	Guinea	1

d) Origen Desconocido

46	VENEZUELA 503	/	8
47	SML 80-5	/	8
48	SML 81 A	/	8
49	SML 1010	/	7
50	419 C-57	/	6
51	AIKOKO	/	5
52	SML 997	/	4
53	S 12-30	/	3
54	BG 6812	/	2
55	LITA 506	/	2
56	MALUNJA	/	2
57	DOURADO PRECOCE 689	/	2
58	LAC 23 (RED)	/	2
59	AI JIAO GEN	/	1

FP[†] Se refiere al número de veces que el ancestral está presente en los cultivares bajo estudio.

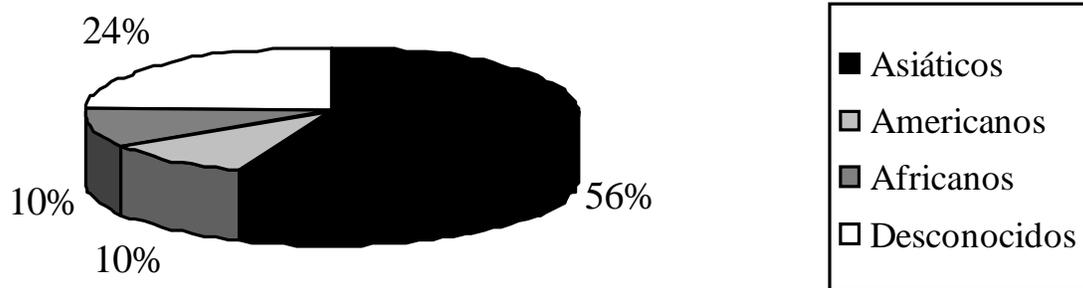


FIGURA. Origen de los ancestrales presentes en la base genética de las variedades de arroz de riego en Venezuela, período 1978-2006.

Entretanto, 6 ancestrales fueron originados en el continente americano; Guyana y Brasil dieron origen a 2 ancestrales, mientras que Costa Rica y Estados Unidos contribuyeron con uno. Además, otros 6 ancestrales tuvieron origen africano, el mayor aporte fue de Zaire con 2 y Senegal, Madagascar, Liberia y Nueva Guinea dieron origen a un ancestral, respectivamente.

Finalmente 14 ancestrales fueron de origen desconocido. Se puede observar que los ancestrales de origen asiático representan 56% del total, seguido por los de origen desconocido con 24%, mientras que los de origen americano y africanos aportaron 10% cada uno. La predominancia de germoplasma asiático y principalmente originado en la India probablemente es el resultado de la selección para condiciones de arroz de riego y las preferencias de consumo que se orientan hacia arroces de grano largo con amilosa alta. Así como la poca presencia de materiales de EEUU es debida a su poca adaptabilidad a estas condiciones y generalmente son más utilizados para incorporar genes para calidad de grano.

Entre los 59 ancestrales que aportan el 99,99% de los genes en las variedades de riego en Venezuela, 5 tienen una frecuencia de presencia (FP) igual a 19 o también una frecuencia de presencia relativa (FPR) de 100%, en otras palabras, sólo 5 ancestrales están presentes en todas las variedades estudiadas, estos son “*Dee Geo Woo Gen*”, “*Latil Sail*”, “*Cina*”, “*Maroc Paroc*” y “*Pa Chiam*”, como se muestra en el Cuadro 2. Hay que hacer notar que los tres primeros ancestrales son progenitores de la variedad IR8.

Estos resultados concuerdan con los presentados por Cuevas-Pérez *et al.* (1992) donde señalan que más de 1/3 de las variedades liberadas en América Latina utilizan a “*IR 8*” como progenitor o líneas descendientes de este para su desarrollo. Rangel *et al.* (1996) encontraron que en las variedades de arroz de riego en Brasil están presentes estos 3 ancestrales en una FPR promedio de 86%, demostrando la estrecha relación genética entre las variedades de arroz bajo riego.

La alta participación de estos cultivares es resaltada por Cuevas-Pérez *et al.* (1992), quienes mencionan que el cultivar “*IR8*” inició la era del tipo moderno de planta para arroz de riego, representada por baja altura de planta, alto macollamiento, tallos fuertes y hojas erectas.

Los datos presentados en el Cuadro 3 se refieren a la CGR y CGA de los diferentes ancestrales en los 19 cultivares estudiados. Es posible observar que la base genética del arroz en Venezuela esta representada por 16 líneas ancestrales diferentes que poseen una CGA de 80,47% del pool total de genes.

Cuando son considerados únicamente aquellos materiales que aportan más del 2% de los genes, este número se reduce a 12 ancestrales y la CGA es de 74,48%. De estos, los 3 progenitores de “*IR 8*” aportan el 47,65% de los genes. Entretanto, los cinco ancestrales presentes en los 19 materiales (Cuadro 2 y 3) contribuyen con el 51,89% del conjunto génico.

CUADRO 3. Ancestrales, contribución genética relativa (CGR), contribución genética acumulada (CGA) y frecuencia de presencia en el pedigrí (FPR) de 19 Variedades de arroz, liberadas entre 1978-2006.

Ancestrales	CGR	CGA	FPR
DEE GEO WOO GEN	16,05	16,05	100,00
LATISAIL	16,05	32,10	100,00
CINA	15,54	47,65	100,00
TADUKAN	4,66	52,32	73,68
TAKAO IKU 18	4,34	56,67	73,68
KHAO DAWK MALI	3,22	59,89	68,42
MONG CHIM VANG A	2,66	62,55	78,95
I GEO TZE	2,66	65,21	73,68
TETEP	2,70	67,92	68,42
MARONG PAROC	2,34	70,26	100,00
PALMIRA 105	2,16	72,43	73,68
C 74	2,04	74,48	68,42
PA CHIAM	1,88	76,37	100,00
BATATAIS	1,80	78,18	21,05
BG 6812	0,82	79,01	10,53
BENONG	1,46	80,47	63,16
DISSI HATIF	1,41	81,89	36,84
MAKALIOKA	1,27	83,16	26,32
SML 1010	1,80	84,97	36,84
NAM SAGUI	0,90	85,88	21,05
KITCHILI SAMBA	0,83	86,71	57,89
TSAI YUAN CHUNG	0,82	87,53	78,95
TR	0,72	88,26	42,11
GAM PAI	0,78	89,04	26,32
SML 997	0,57	89,62	21,05
AI JIAO GEN	0,65	90,28	5,26
THEKKAN	0,60	90,88	52,63
ERAVAPANDI	0,60	91,49	52,63
VENEZUELA 503	0,66	92,16	42,11

... continuación CUADRO 3.

Ancestrales	CGR	CGA	FPR
H 105	0,39	92,55	10,53
VELLAIKAR	0,48	93,04	47,37
KIRYOUYOSHI	0,47	93,52	26,32
UNKNOWN (INDIA)	0,34	93,86	57,89
PANKHARI 203	0,30	94,17	21,05
CARREON	0,30	94,48	31,58
MALUNJA	0,17	94,66	10,53
OLOAN CHU	0,31	94,98	26,32
KAMEJI	0,31	95,30	26,32
BAYANG	0,30	95,60	36,84
UNKNOWN (JAPANESE)	0,22	95,82	57,89
S 12-30	0,18	96,01	15,79
SML 80-5	0,99	97,00	42,11
SML 81 A	0,99	97,99	42,11
560	0,23	98,23	21,05
VARIETY FROM ZAIRE	0,23	98,47	21,05
O NIVARA	0,19	98,66	57,89
SINAWPAGH	0,17	98,84	57,89
IGUAPE CATETO	0,09	98,94	10,53
LITA 506	0,09	99,04	10,53
AIKOKO	0,15	99,20	26,32
419 C-57	0,13	99,33	31,58
DOURADO PRECOCE 689	0,13	99,46	10,53
MACHIQUE	0,09	99,55	15,79
D 52-37	0,09	99,65	15,79
D 85-42	0,09	99,74	15,79
MOROBBERKAN	0,08	99,82	5,26
HILL SEL	0,06	99,89	84,21
LAC 23 (RED)	0,05	99,94	10,53
OS 6	0,05	99,99	10,53

... continúa

Estos resultados permiten inferir que la BG del arroz en Venezuela es más estrecha que la BG del arroz en América Latina y similar a la del arroz de riego en Brasil. En América Latina, Cuevas Pérez *et al.* (1992) encontraron que 22 ancestrales contribuían con el 83% de los genes y 14 estaban presentes en todas las variedades liberadas. Entretanto, Rangel *et al.* (1996) agrupando solamente los ancestrales que contribuyeron con más del 2% de los genes, encontraron que apenas 10 ancestrales contribuyeron con 68% del conjunto génico. Carmona (1990) señala que la estrecha BG encontrada en los materiales liberados en Latino América se podría explicar por el hecho que los programas de mejoramiento genético regionales tienen como fuente de germoplasma introducciones del CIAT e IRRI.

El estrechamiento excesivo de la BG del arroz ha sido señalado por varios autores como responsable de la poca ganancia genética para rendimiento en granos observada en el arroz. La reducida diversidad genética obliga al fitomejorador a manejar un conjunto génico limitado y en consecuencia se reduce la probabilidad de nuevas combinaciones de alélos, Rangel *et al.* (2000).

Por otro lado, en Venezuela el aporte de los progenitores del “IR8” en promedio es 20% mayor cuando se compara con América Latina y Brasil 38,87% y 37,87%, respectivamente. El mayor aporte de estos ancestrales es posible que este relacionado al sistema de arroz de riego utilizado en el país, el cual exige una alta tolerancia al acame y como es sabido estos materiales son portadores de los genes de enanismo, además de resistencia al acame.

La selección para adaptación a las condiciones locales de cultivo aparentemente ha favorecido la contribución de ciertos ancestrales. Cuando la CGR de este estudio es comparada con el mismo parámetro señalado por Cuevas Pérez *et al.* (1992) se observa que además del incremento en la participación de los progenitores de “IR8”, algunos ancestrales como “Kaw Dawk Mali 105” y “Takao Iku 18” aumentaron su participación, mientras que “Tetep” y “Tadukan” fuentes para resistencia a piricularia, la redujeron.

Considerando únicamente los cultivares más sembrados durante el año 2005 en Venezuela, la tendencia en la BG es similar. Las principales

variedades de arroz cultivadas para ese año fueron: “Fedearroz 50”, “Fonaiap 1”, “Cimarrón”, “D. Sativa” y “Venezuela 21”. El 80% de la BG de estos materiales poseen un número de ancestrales que varían entre 23 y 5 correspondiendo el máximo a la variedad “Venezuela 21” y el mínimo a “Cimarrón”.

En general existe una tendencia de involucrar un mayor número de ancestrales en las variedades nuevas como “Venezuela 21” y “D. Sativa” que en los cultivares antiguos “Cimarrón” y “Fonaiap 1” donde el número fue de 5 y 7, respectivamente. El 80% de la BG de estos cultivares tienen en promedio más del 50% de los ancestrales “Lati Sail”, “Cina” y “Dee Geo Woo Gen”, con una mayor contribución en “Cimarrón” y “D’ Sativa” con 47%, seguido de “Fedearroz 50” con 41%, mientras que el menor aporte fue observado en “Fonaiap 1” y “Venezuela 21”.

En Venezuela no es posible afirmar que sólo la BG reducida este impidiendo el progreso genético para mayor productividad en el arroz de riego. Aún cuando no existen en el país estudios acerca del progreso genético para rendimiento, puede afirmarse que en el período 2004-2005, ocurrió un incremento del rendimiento en grano del orden de 2%, mientras la superficie sembrada disminuyó en 5%, según datos de producción de FAOSTAT (2006). Es posible atribuir este aumento a la liberación de nuevas variedades con alto rendimiento, resistentes y/o tolerantes a los principales factores bióticos, adopción de mejores prácticas de manejo agronómico y cultural, uso de semilla certificada entre otras.

Incrementar la BG del cultivo arroz en Venezuela sería recomendable para el mejoramiento genético ya que permitiría lograr en corto o mediano plazo mayores ganancias por selección, además de romper con el techo de rendimiento y evitar la vulnerabilidad genética.

Existen varios métodos en mejoramiento genético que permiten ampliar la BG y podrían ser utilizados en arroz, estos son: (a) mejoramiento poblacional utilizando selección recurrente, principalmente para caracteres cuantitativos, ya que permite incorporar mayor cantidad de progenitores, incrementando la recombinación y aumentando la frecuencia de alélos favorables, siendo que inicialmente la selección

masal puede ser satisfactoria para caracteres de alta heredabilidad y posteriormente deben ser utilizados métodos más sofisticados que permitan explorar mejor la varianza genética, (b) utilización de germoplasma exótico en cruzamientos múltiples con materiales adaptados. Hallauer y Miranda Filho (1988) mencionan que germoplasma exótico es todo aquel material que no tiene utilidad inmediata sin selección en una determinada área. Como resultado de la falta de adaptación, la consecuencia inmediata del uso de germoplasma exótico es la disminución de la probabilidad de obtener líneas superiores, debido a la reducción del promedio de la población.

Por esta razón, tanto la proporción de exótico utilizado como la forma de incorporación deben tener el menor impacto en el progreso del programa. En este sentido, Nass *et al.* (2001) mencionan que la mayoría de los trabajos indican que una proporción de 25% de material exótico amplía la BG y permite el desarrollo de líneas más productivas. Así mismo, el método de retrocruzamiento es una alternativa eficiente para la transferencia de caracteres de herencia simple y en la adaptación de germoplasma exótico y (C) introducción de germoplasma provenientes de otros países como la China tropical, Surinam y otros países; por ser una fuente divergente del pool de genes existe en el arroz de riego en Venezuela.

BIBLIOGRAFÍA

- Carmona, P. 1990. Contribución del INGER en la ampliación de la base genética de arroz en el Estado de Rio Grande do Sul, Brasil. **In:** Red Internacional para la evaluación genética del Arroz. Informe del INGER América Latina. Cali Colombia. p. 153-158.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1987. Registro de cruzamientos realizados por los programas de arroz de ICA y del CIAT (1957-1986). Cali Colombia. p. 177.
- Cuevas Pérez, F., E. Guimarães, L. Berrio and D. González. 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 to 1989. *Crop Science* 23:944-949.
- Delannay, D., D. Rodgers and R. Palmer. 1983. Relative genetic contributions among ancestral lines to North American soybean cultivars. *Crop Science* 23:944-949.
- Dilday, R. 1990. Contribution of ancestral lines in the development of new cultivars of rice. *Crop Science* 30:905-911.
- FAO. 2006. Producción mundial de los cereales. www.faostat.fao.org.
- Guimarães, E., J. Borrero and Y. Ospina. 1995. Genetic diversity of upland rice germplasm distributed in Latin America. *Pesq. Agropec. Bras.* 31(3):187-194.
- Hallauer, A. R. And J. Miranda Filho. 1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Ames: Iowa University Press, 1995. p. 468.
- Lin, M. 1991. Genetic base of Japonica rice varieties released in Taiwan. *Euphytica* 56:43-46.
- Nass, L., J. Miranda Filho, e M. Santos. 2001. Uso de germoplasma exótico no melhoramento. **In:** NASS, L.; VALOIS, A.; MELO, I.; VALADARES-INGLIS, M. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas. Rondonopolis: Fundação M. T. p. 102-122.
- Rangel, P., E. Guimarães e P. Neves. 1996. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31(5):349-357.
- Rangel, P., J. Pereira, O. Morais, E. Guimarães e T. Yokokura. 2000. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no meio-norte do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.* 38(5):1 595-1 604.
- Sistema Internacional de Información de Arroz. denominada "IRIS". 2005 (www.irri.cgiar.org/IRIS)
- Torrealba, G., M. Acevedo, W. Castrillo, A. Ramos y L. Urdaneta. 2004. Variedades de arroz en Venezuela. *INIA Divulga* 2. mayo-agosto. p. 9-10.

EFICIENCIA DE ABSORCIÓN DE FÓSFORO EN CULTIVARES DE SORGO DE DIFERENTE TOLERANCIA A LA TOXICIDAD DE ALUMINIO

EFFICIENCY OF PHOSPHORUS ABSORPTION IN YOU WILL CULTIVATE OF SORGHUM OF DIFFERENT TOLERANCE FROM THE ALUMINUM TOXICITY

Marisol López* Mingrelia España* y Marcia Toro**

* Investigadoras. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4579. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: mlopez@inia.gob.ve

** Investigadora. UCV. Facultad de Ciencias. Núcleo Aragua

RESUMEN

Cinco cultivares de sorgo, *Sorghum bicolor* L. Moench de diferente tolerancia a la toxicidad de aluminio Al^{3+} se estudiaron para determinar su eficiencia de absorción de fósforo en invernadero. Los cultivares evaluados fueron: 4 materiales graníferos (DK-59, Criollo-26, Ch III y Ch VII) y uno forrajero: Ismael. El experimento fue realizado en un suelo Typic Paleustults de baja disponibilidad de fósforo. El diseño experimental fue completamente aleatorizado en un arreglo de tratamiento factorial con dos factores. Tratamientos: T1 (testigo) = N+K+0P. T2 = N+K+P-RFR, T3 = N+K+P-SFT. P y K como: P_2O_5 y K_2O , respectivamente. Los nutrientes se aplicaron en solución nutritiva en $mg\ pot^{-1}$: 58,54 de K ($KCl-60\% K_2O$) 117 de N (Urea-46% N). La dosis de fósforo fue de 97,56 $mg\ de\ P\ pot^{-1}$. Las fuentes de fósforo fueron: Roca fosfórica de Riecito (RFR) y superfosfato triple (SFT- 42% de P_2O_5 total) de alta solubilidad. En la rizosfera se evaluó la actividad de fosfatasa ácida (AFA), longitud de raíz micorrizada (LRM), pH- suelo, pH- suelo rizosférico. En la planta: producción de materia seca vástago (MSv), fósforo absorbido vástago (P-v), e índice de eficiencia de utilización de P (EPv). En el suelo se evaluó: disponibilidad de fósforo (P-suelo). Los cultivares más eficientes presentaron: > % de longitud radical, aumentos en el pH de la rizosfera. Comportamiento se presentó principalmente en los materiales tolerantes a la toxicidad de aluminio. Correspondiendo con los mayores rendimientos de materia seca. Los cultivares menos eficientes en la absorción y utilización de P, presentaron mayor AFA. Comportamiento característico del DK-59.

Palabras Clave: *Sorghum bicolor* L. Moench; eficiencia de fósforo; actividad enzimática; micorriza; sorgo; suelos ácidos.

SUMMARY

Five *Sorghum bicolor* L. Moench cultivars with different tolerance to aluminum toxicity were evaluated. The aim was to determine their phosphate absorption efficiency under greenhouse-controlled conditions. The evaluated cultivars were four grain sorghum (Chaguaramas III (Ch III), Chaguaramas VII (Ch VII), Dekalb-59 (DK-59) and Criollo-26), and one forage sorghum (Ismael). The experiment was carried out in a low phosphate availability soil (Typic Paleustults). A completely randomized design with factorial arrangement with two factors was used. Treatments were: T1 (control) = 0P (no phosphate applied); T2= RPR (Riecito phosphate rock), and T3 = TSP (Triple superphosphate). A nutrient solution ($mg\ pot^{-1}$) of 58.54 K ($KCl-60\% K_2O$) and 117 N (Urea-46 %N) was applied to all treatments. Phosphorus dose was 97.56 $mg\ pot^{-1}$, where phosphate sources were Riecito phosphate rock and highly soluble Triple superphosphate. Determinations were made in the rhizosphere: acidic phosphomonoesterase activity, arbuscular mycorrhiza colonized root length (%CRL), pH soil-water relation 1:2,5 (in soil and rhizosphere), and phosphate efficiency use. Cultivars that better absorbed and used P showed mechanisms such as > % de CRL and rhizospheric pH increments. This was markedly showed in cultivars tolerant to aluminum toxicity which had higher dry matter yield. However cultivars less efficient in P absorption or use, showed an increased acid phosphatase activity, as a mechanism to grown in acid soils: this was particularly typical in D-59 cultivar, sensitive to aluminum toxicity.

Key Words: *Sorghum bicolor* L. Moench; phosphate use efficiency; aluminum toxicity tolerance; rhizosphere; rock phosphate; arbuscular mycorrhiza.

RECIBIDO: noviembre 27, 2006

APROBADO: julio 27, 2007

INTRODUCCIÓN

Los suelos ácidos tropicales poseen baja fertilidad natural, siendo las deficiencias de fósforo y las condiciones climáticas los factores que más limitan su potencialidad agrícola. En Venezuela los suelos ácidos poseen variaciones en sus propiedades que limitan la generación de prácticas que propicien la producción óptima de los cultivos. López *et al.* (1987) señalaron que alrededor del 70% de los suelos del país presentan como primera (28%) o segunda limitante (43%) la baja fertilidad natural y acidez.

En su trabajo López *et al.* (2001) indicaron que la variabilidad de los suelos ácidos ubicados en gran parte de los Llanos Centrales (Guárico, Apure y Cojedes), es principalmente debida a variaciones en la disponibilidad de calcio, magnesio, fósforo, potasio, azufre y micronutrientes, así como en la clase textural y el contenido de aluminio en el complejo de intercambio. Esta situación ha originado líneas de investigación tendientes a desarrollar tecnologías para disminuir las limitaciones y aumentar la productividad de estos suelos. La disponibilidad de fósforo (P) a la planta proveniente del suelo y del fertilizante esta gobernada por los procesos adsorción, precipitación, transporte y mineralización, los cuales son afectados directa o indirectamente por propiedades del cultivo y del suelo.

Para promover la sustentabilidad de estos suelos ácidos se requiere desarrollar alternativas de manejo con principios agroecológicos, siendo necesario mejorar los conocimientos sobre los procesos que controlan las funciones del suelo (Barrios, 2001).

Entre las propiedades de la planta que afectan la disponibilidad de P se encuentran características morfológicas del sistema radicular (densidad, longitud, proliferación de pelos radicales, finura de la raíz) capacidad de micorrización, exudación de compuestos orgánicos, liberación de protones (H^+) y oxidrilos (OH^-), activación enzimática de las fosfomonoesterasas (fosfatasa ácida AFA).

Por su parte, Hedley *et al.* (1994), señalan mecanismos externos a nivel de la rizosfera que determinan la eficiencia de absorción de P en los genotipos tolerantes a la acidez, entre estos se encuentran: habi-

lidad de la planta para desarrollar su sistema radical (Barley, 1970; Schenk y Barber, 1979; Hedley *et al.*, 1994); habilidad para modificar el pH del suelo por liberación de agentes quelatantes o ácidos orgánicos, alterando la química y solubilizando el P-inorgánico (McLachlan, 1976; Barber, 1978; Hofflan *et al.*, 1989). Habilidad para usar el P-orgánico, a través de liberación de enzimas fosfatasa, las cuales mineralizan el P y lo hacen disponible a la planta (Junk, 1987; Marschner *et al.*, 1986; habilidad de las raíces para asociarse con hongos micorrízicos (Raj *et al.*, 1981; Bolan *et al.*, 1987; Marschner y Dell, 1994). De estas habilidades, se ha demostrado que los cultivares tolerantes a la toxicidad de aluminio (TTA) desarrollan mayor longitud radical (Hedley *et al.*, 1994; López *et al.*, 1999), mayor capacidad de micorrizar, (Marschner y Dell, 1994) e incrementar el pH de la rizosfera (Hedley *et al.*, 1994).

El sorgo, *Sorghum bicolor* L. Moench, en el nororiente de Guárico es producido con doble propósito, producción y comercialización del grano a la agroindustria y utilización de los restos de cosecha y soca para alimentación de ganado bovino durante el período de menor oferta forrajera, en condiciones de secano.

El uso de cultivares de sorgo TTA y eficientes en absorción y utilización de fósforo es una de las tecnologías propuestas para disminuir los costos de producción y aumentar la relación beneficio/costo en sistemas de producción con tecnologías de bajos insumos en zonas donde las condiciones agro ecológicas y socioeconómicas lo justifiquen. La TTA de las plantas es diferente entre especies y dentro de una misma especie. Los genotipos de sorgo varían en su tolerancia a las concentraciones de aluminio. Los cultivares TTA han mostrado habilidades para desarrollarse en condiciones de acidez y muy baja disponibilidad de P. Estas habilidades se manifiestan principalmente cuando el P en el suelo se encuentra a niveles críticos de disponibilidad. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de absorción de P proveniente del suelo y del fertilizante por cultivares de sorgo de diferentes TTA en condiciones de suelo ácidos de muy baja disponibilidad de P.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento: la fase experimental

se desarrolló en un invernadero enfriado con cortinas de agua, ubicado en el INIA-CENIAP Maracay, estado Aragua, la temperatura osciló entre 20 °C y 35 °C. Se utilizó un suelo clasificado como: Typic Paleustults, Fg, caolinitica, isohipertérmica, del estado Guárico, Venezuela.

Las muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 0-30 cm. Este suelo fue secado, mezclado, homogeneizado y tamizado por una malla de 4 mm, 1 kg se llevó al laboratorio para realizar análisis con fines de fertilización. Posteriormente, se peso porciones de 4 kg de suelo. Antes de colocar las porciones de suelo en cada unidad experimental, los pots fueron cubiertos con bolsas de polietileno, luego se aplicó los tratamientos correspondientes y se sembró los cultivares evaluados.

Material genético utilizado: se utilizaron 5 cultivares de sorgo, con diferente tolerancia a la acidez del suelo y a la toxicidad de Al^{+3} de acuerdo a los trabajos realizados por Solórzano (1981), Guzmán y Puerta (1984) y Rodríguez *et al.* (1986). De estos materiales 4 son graníferos (DK-59, Criollo -26, Ch III y Ch VII) y uno forrajero (Ismael). El DK-59, es un híbrido americano de la compañía DEKALB, seleccionado por Guzmán y Puerta (1984) y Rodríguez *et al.* (1986) como susceptible a la toxicidad de aluminio (TA); El Chaguaramas III (Ch III) y Chaguaramas VII (Ch VII), son híbridos nacionales de padre tropicalizado y madre de clima templado creado por la Compañía Protinal de Venezuela C.A. De estos, el Ch III fue seleccionado como tolerante a la acidez por Solórzano (1981), Guzmán y Puerta (1984) y Rodríguez *et al.* (1986) y Ch VII ha sido evaluado en condiciones de campo por Mena, 2000, 2001, y López *et al.* (2001), manifestado tolerancia a suelos ácidos. El Híbrido Criollo -26 y la variedad Ismael fueron desarrollados por FONAIAP, ahora INIA-Venezuela, liberados recientemente. Estos últimos 2 cultivares no han sido evaluados en condiciones de acidez para determinar su grado de tolerancia o susceptibilidad al aluminio.

Arreglo experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado en un arreglo de tratamiento factorial con dos factores: cultivar y fuente de fósforo. El factor cultivar con 5 niveles: DK-59, Criollo -26,

Ismael, Ch III y Ch VII. El factor fuente de fósforo con 3 niveles, sin fósforo: OP = testigo, SFT = superfosfato triple y RFR = roca fosfórica de Riecito, originando 15 tratamientos repetidos 4 veces, lo que corresponde a 60 unidades experimentales. Tratamientos: T1 (testigo) = N+K+0P (no se le aplicó fósforo). T2 = N+K+P-RFR, T3= N+K+P-SFT.

Siembra: en cada pote se sembraron 7 semillas del cultivar correspondiente, una semana después de la germinación, se entresacó y se dejaron 4 plántulas por pots, la humedad del pote se mantuvo aproximadamente a 75% de la capacidad de campo, estimada por la curva de retención de humedad a través de muestras de suelo tomadas en campo.

Fertilización: después de entresacar las plántulas, se aplicó en solución nutritiva en mg. pote⁻¹ :58,54 de K, 117 de N P y K como: P_2O_5 y K_2O , respectivamente. Las fuentes de potasio y nitrógeno fueron: urea y cloruro de potasio, respectivamente. Todos los tratamientos recibieron igual dosis de potasio y nitrógeno. La dosis de P fue de 97,56 mg de P pote⁻¹ y las fuentes: RFR, de baja solubilidad, y el superfosfato triple (SFT) de alta solubilidad.

Cosecha: la cosecha se realizó a los 45 días después de la germinación (DDG), correspondiendo con la fase de crecimiento vegetativo. Las plantas fueron separadas en vástago y raíz; el vástago se lavó con agua desmineralizada, colocándose en bolsas de papel previamente identificadas con los tratamientos evaluados, para secarse a 70 °C durante 48 h en una estufa de ventilación forzada, luego fue pesado para calcular el rendimiento de materia seca, posteriormente fue molido en un molino Wiley con malla de 1 mm, las muestras fueron conservadas hasta ser analizadas para determinar P en el tejido.

Las raíces fueron cuidadosamente separadas del volumen total de suelo, y colocadas sobre una lámina de papel bond, retirándose el suelo adherido a las raíces a una humedad del suelo de 6%, asumiendo que este suelo formaba la rizosfera, según definición de Hiltner, citado por Darrah, (1993).

Después de separar el suelo-rizosférico, las raíces fueron colocadas en un tamiz de 0,425 mm y lavadas con agua natural, luego se conservaron en frascos de vidrio utilizando una solución de alcohol al 45%, para determinar parámetros morfológicos (longitud,

volumen, superficie y diámetro).

Actividad de fosfotasa ácida: la AFA se determinó en el suelo-rizosférico, según Tabatabai y Bremner en 1969 adaptado en 1982 por Tabatabai, utilizando la concentración del sustrato, según Trasar-Cepeda y Gíl-Sotres (1988).

Reacción del suelo: La reacción del suelo obtenida a través del pH fue determinado con un potenciómetro, utilizando una relación suelo-agua 1: 2,5. Tanto en la rizosfera como en el suelo no rizosférico.

Porcentaje de raíz micorrizada: De cada unidad experimental se tomo cantidades similares de raíz para determinar porcentaje de raíz micorrizada utilizando el método de tinción de raíces con azul de Tripán según Phillips y Hayman, (1970) para la observación de las estructuras típicas de micorizas arbusculares (MA). La colonización de raíces se cuantificó en el microscopio a una magnificación de 10X, expresada como porcentaje de raíz micorrizada (%LRM) de acuerdo a Giovanetti y Mosse (1980).

Fósforo residual: El P en el suelo se determinó después de separar las raíces, utilizando el método de Olsen *et al.* (1954).

Las muestras de plantas fueron digeridas con una mezcla Nítrico-perclórica (Huang y Schulte, 1985). En el extracto se determinó el contenido de P en el tejido por el método de molibdato de amonio (Wolf, 1982).

Absorción de fósforo: Con los valores obtenidos de P en el tejido del vástago, se calculó el P-acumulado en el vástago (Pv), utilizando la siguiente relación: $Pv (mg/pote) = (\% \text{ de P en vástagos} / 100) \times (\text{gramos de materia seca del vástago/pote}) \times 1000$.

Índice de eficiencia de utilización de fósforo (P): La estimación del índice de utilización de P por los cultivares evaluados se calculó a través de la relación de eficiencia de P en el vástago (EPv), propuesta por Fageria *et al.* (1988). Esta relación se refiere al cociente entre los miligramos de materia seca acumulada en el vástago por pote y los miligramos de P en el vástago por pote.

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y la Prueba de Medias LSD, $\mu = 1\%$, utilizando el programa estadístico SANEST.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de P-absorbido y acumulado en el vástago ($mg \text{ pote}^{-1}$); el P disponible en el suelo después de la cosecha (P-suelo, $mg \text{ kg}^{-1}$), pH en el suelo (pH-suelo) y en la rizosfera (pH-rizo), AFA (AFA, $\mu molpNF/g.h$), y porcentaje de longitud de raíz micorrizada (%LRM).

En el Cuadro se observa las causas de variación de los resultados obtenidos. El rendimiento de materia seca vástago (MSv) mostró una respuesta altamente significativa en el factor cultivar, tratamiento y la interacción cultivar por tratamiento, mientras que para la AFA sólo hubo diferencias altamente significativas dentro del factor cultivar. El %LRM, mostró diferencias altamente significativas dentro del factor cultivar, siendo las diferencias entre tratamientos significativas al 5%, así como en la interacción cultivar por tratamiento. En las variables P-suelo y fósforo en vástago (P-v) hubo diferencias altamente significativas en cultivar, tratamiento y la interacción cultivar-tratamiento. Con relación al pH del suelo, sólo hubo diferencias significativas dentro de tratamientos, pero en pH rizosfera, se encontró diferencias entre cultivares, tratamientos y la interacción cultivar-tratamiento. También se muestran las diferencias altamente significativas encontradas para todas las causas de variación con el EPv.

Materia seca vástago (MSv/pote)

La MSv/pote en todos los cultivares evaluados tuvo respuesta altamente significativa ($\mu=1\%$), a la fertilización fosfatada con las fuentes de alta (SFT) y baja solubilidad (RFR) en el suelo ácido deficiente de P (Figura 1). La MSv fue significativamente mayor en los cultivares Ch III e Ismael, seguido del cultivar Ch VII, DK-59 y por último el Criollo -26. Al observar el comportamiento de estos materiales con relación a la fertilización utilizada (Figura 1), se visualiza que el DK-59 e Ismael se comportaron igual con relación a la fuente fosfatada, es decir produjeron MS de acuerdo a la fuente de P utilizada, siendo el rendimiento así: $T3 (P-SFT) > T2 (P-RFR) > T1(OP)$. Mientras que los materiales Criollo -26 y Ch VII, presentaron la siguiente secuencia en cuanto al mayor

rendimiento de MSv: T3>T2=T1 y el Ch III se comportó distinto a todos los materiales, ya que produjo mayor acumulación con la fuente P inorgánico proveniente del suelo (T1) y no presentó diferencias significativas entre la fuente de RFR y OP.

CUADRO. Resumen del análisis de varianza realizado a los resultados de las variables materia seca vástago (MSv), actividad de fosfatasa ácida (AFA), longitud de raíz micorrizada (LRM), fósforo en suelo (P- suelo) y absorbido vástago (P-v), pH- suelo, pH-rizosfera, e índice de eficiencia de utilización de P (EPv).

Variables	Causas de Variación			CV (%)
	Cult	Trat	Cult*Tra	
MSv (mg pote ⁻¹)	**	**	**	4 862
AFA (μmolPNF/g h ⁻¹)	**	N.S.	N.S.	28 036
LRM (%)	**	*	*	6 819
P-suelo (mg kg ⁻¹)	**	**	**	14 133
P-v (mg pote ⁻¹)	**	**	**	10 995
pH-suelo (relación suelo-agua 1:2,5)	N.S.	**	N.S.	2 742
pH-rizosfera (relación suelo-agua 1:2,5)	*	**	**	3 004
EPv	**	**	**	13 040

** Altamente significativo < 0,01; * Significativo < 0,05;

N.S. = No Significativo; CV= coeficiente de variación

En el tratamiento sin 0 P, los valores de MSv oscilaron entre 3,94 y 8,72 g/p. El Ch III (TA) se comportó diferente a los otros cultivares, alcanzando significativamente mayor MSv que los otros materiales. El DK-59 (susceptible a la TA) fue el que tuvo el menor rendimiento (3,94 g/p) de los 5 materiales. Los cultivares Ch VII e Ismael acumularon igual cantidad de MSv y entre DK-59 y Criollo -26 no hubo diferencias estadística en esta variable.

Al utilizar la RFR como fuente de P, los valores de MS oscilaron entre: 4,21 y 7,87 g/p. La variedad Ismael acumuló significativamente (μ=1%) mayor

MSv seguido de Ch III, Ch VII, DK-59 y por último el Criollo -26. El incremento en MSv en Ismael fue de: 0,38; 0,81; 2,81 y 3;67 g/p con respecto a Ch III, Ch VII, DK-59 y Criollo -26, respectivamente. Con la fuente de P altamente soluble (SFT), el comportamiento fue el siguiente: La acumulación de MSv fue significativamente superior en la variedad Ismael, los híbridos DK-59, Ch III y Ch VII rindieron estadísticamente igual cantidad de MSv, mientras que el Criollo -26 fue el que tuvo el menor rendimiento (6,68 g/p). Como puede observarse, el material que respondió mejor a la fertilización fosfatada tanto de la fuente menos soluble (RFR) como de la más soluble (SFT) fue la variedad Ismael.

Mientras que el Ch III no mostró respuesta a la fertilización fosfatada, lo cual es coincidente con los resultados obtenidos por Solórzano (1981), quien evaluó a nivel de invernadero y campo el comportamiento de varios híbridos nacionales de sorgo granífero en suelos ácidos y encontró que el Ch III fue el que mostró mayor adaptabilidad y menor respuesta a la fertilización y a la aplicación de cal agrícola. López *et al.* (1999) y Ramírez y López (2000) al evaluar tres materiales de sorgo ganífero (DK-59, Ch III y P-8225) de diferente TTA, en un suelo ácido, en condiciones controladas de invernadero, encontraron mayor rendimiento en Ch III, lo cual fue asociado con el mayor desarrollo radical alcanzado a los 20 DDG en los tratamientos de menor disponibilidad de P (OP y RFR).

Estas diferencias encontradas entre los cultivares Ismael, Ch III y Ch VII en el rendimiento de MSv pudieran ser atribuidos, por una parte, a los contenidos de P absorbido y acumulado en el vástago por estos materiales (Figura 2), los cuales fueron significativamente mayores al encontrado con los otros 2 materiales (DK-59 y Criollo -26), así como también al alto %LRM en Ismael, Ch III y Ch VII (Figura 3), lo cual puede ser corroborado con los resultados del EPv Figura 4. La mayor acumulación de MSv en la variedad Ismael con respecto a los otros genotipos, puede ser debido a que Ismael es un cultivar forrajero, cuyo principal órgano de cosecha es el vástago, es decir la producción de follaje para alimentación animal, mientras que los otros materiales son graníferos. Otra razón, que pudiera explicar la mayor MSv acumulada es debido a que por ser variedad, es un material de mayor adaptabilidad y potencialidad para

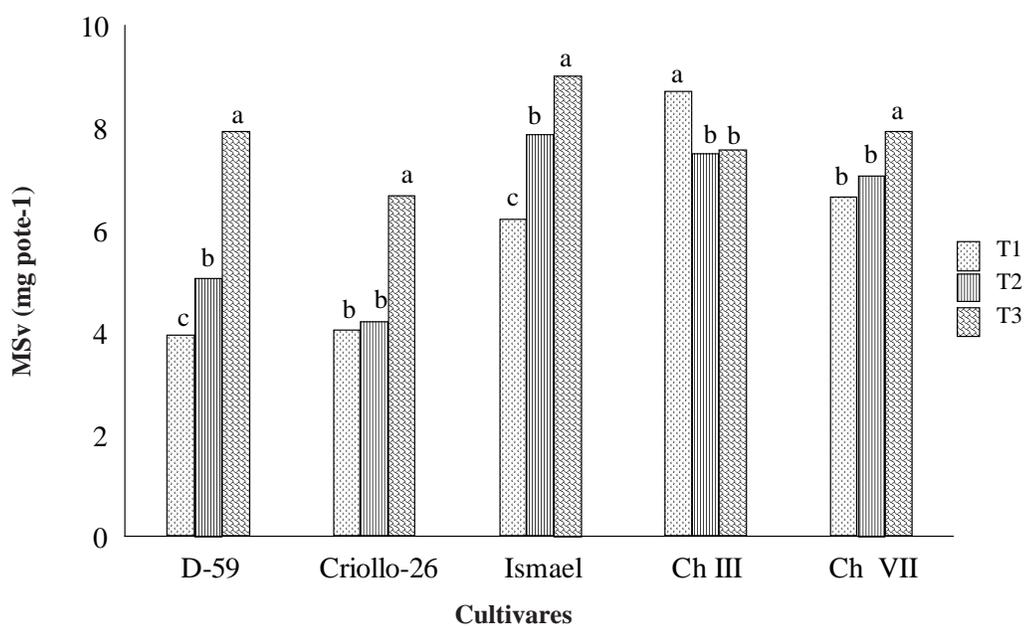


FIGURA 1. Efecto de las fuentes de fósforo en la producción de materia seca vástago MSv (g p^{-1}) en 5 cultivares de sorgo. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P \leq 0,05$).

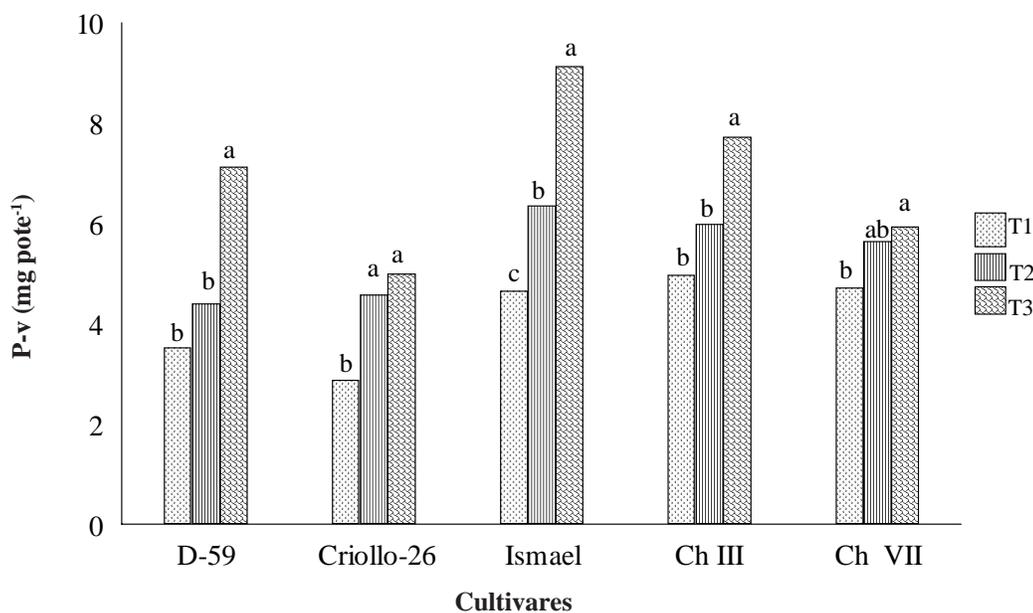


FIGURA 2. Efecto de las fuentes de fósforo sobre el fósforo del vástago (mg pote^{-1}) en 5 cultivares de sorgo. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P \leq 0,05$).

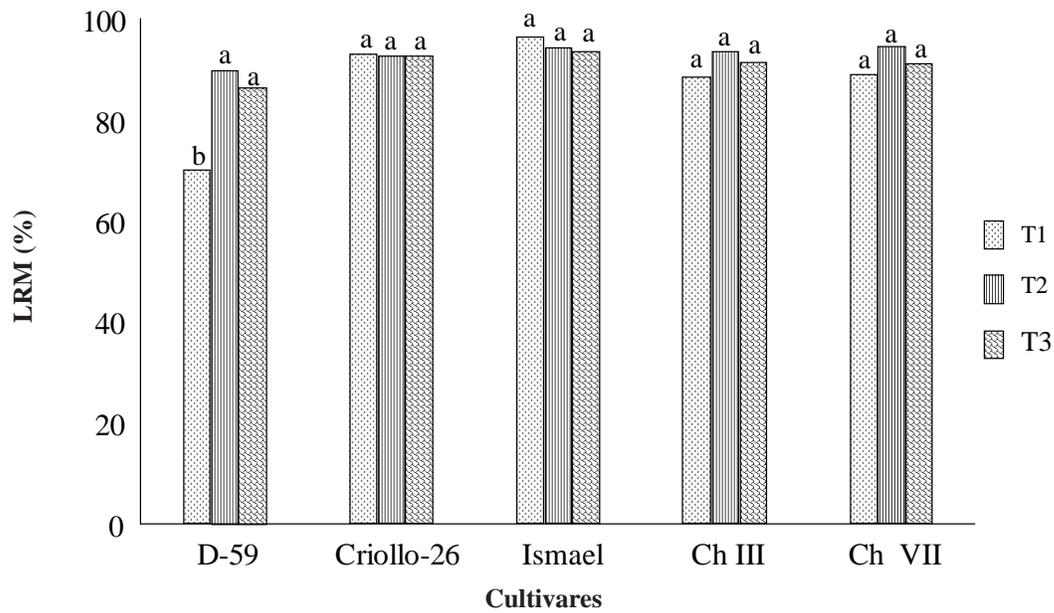


FIGURA 3. Efecto de las fuentes de fósforo sobre la longitud de raíz micorrizada (%) en 5 cultivares de sorgo. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P \leq 0,05$).

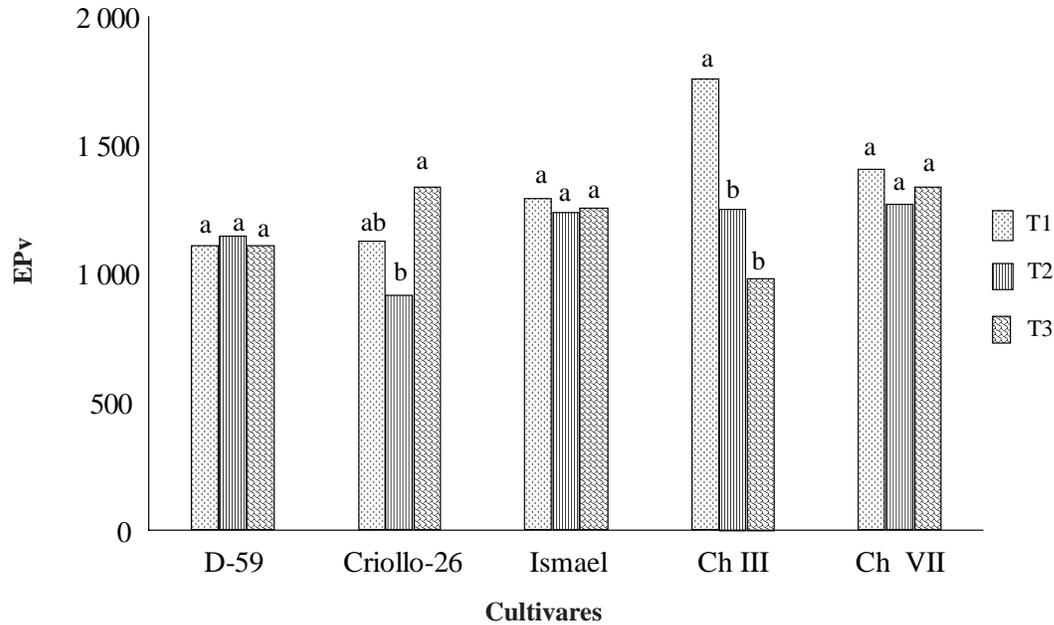


FIGURA 4. Efecto de las fuentes de fósforo sobre el índice de eficiencia de utilización de fósforo en 5 cultivares de sorgo. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P \leq 0,05$).

las condiciones de suelo evaluadas (Figura 1).

Actividad de fosfatasa ácida (AFA)

Los valores de AFA oscilaron entre 0,33 y 0,67 $\mu\text{molPNF/g.h}$ (Figura 5), encontrándose dentro los señalados por Dodd *et al.* (1987), quienes muestran rangos de AFA a nivel de la rizosfera entre 0,05 y 0,60 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en cebolla y entre 0,03 y 1,19 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en trigo, también concuerdan con los resultados encontrados por López *et al.* (1999), quienes evaluaron la AFA en la rizosfera de 3 cultivares de sorgo de diferente TTA (DK-59, Ch III y P-8225), encontrando rangos entre 0,30 y 0,48 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Los materiales que lograron mayor AFA fueron: Ch VII (TTA), DK-59 (susceptible a la TA) y Criollo-6 y la menor AFA correspondió a la rizosfera de Ismael. En el caso del cultivar DK-59 y Criollo-26, pudiera tener relación con la menor disponibilidad de P-suelo al momento de la cosecha (Figura 6), ya que se ha encontrado que esta enzima se activa en condiciones de baja disponibilidad de P (Dracup *et al.*, 1984). Sin embargo, con respecto al ChVII, el comportamiento fue diferente, este cultivar presentó los mayores contenido de P-residual (4,25; 6,25 y 15mg kg^{-1} para 0P, RFR y SFT, respectivamente), pero que en general son valores de disponibilidad bajo, lo cual posiblemente no es suficiente para inhibir la AFA.

Los mayores valores de AFA presentados en el cultivar Ch VII y DK-59 con los tratamientos de P (RFR y SFT), se corresponden con los encontrados por López *et al.* (1999), quienes señalan los mayores valores de AFA en la rizosfera de Ch III y con el DK-59 en los tratamientos de RFR (0,42 y 0,40 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y SFT (0,42 y 0,46 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y el menor valor con 0P (0,30 y 0,32 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$) para los cultivares Ch III y DK-59, respectivamente. Estos resultados confirman la hipótesis que pequeñas dosis de P disponible estimulan estos mecanismos de eficiencia de absorción de P en suelos de muy baja fertilidad.

Por otra parte, cuando se evalúan materiales genéticos de una misma especie y diferente TTA y en condiciones de estrés de P, la mayor AFA gene-

ralmente corresponde a los cultivares susceptibles al aluminio, esto se corrobora con el comportamiento del DK-59 (susceptible), pero no se cumple con Ch VII (tolerante), comportamiento que puede estar relacionado con el alto % de LRM, ya investigadores como Koide (1991) y Jayachandran *et al.* (1992) sostienen que las hifas del hongo MA podrían tener acceso a fuentes de P que no son accesibles para la planta, además de su efecto en la extracción de P, también otros procesos pudieran estar presentes, tales como los que influyen sobre la disponibilidad del P-orgánico, el cual es hidrolizado por la acción de la AFA permitiendo la utilización de formas de P no disponible para la planta (P-orgánico), al hidrolizar el P-orgánico a P-inorgánico (Clarholm 1993; Miyasaka y Habte, 2001), lo cual concuerda con los resultados señalados por Dodd *et al.* (1987), quienes encontraron aumentos en la AFA en la rizosfera en los materiales micorrizados, señalando para cebolla 0,48 y de 0,23 a 0,83 $\mu\text{mol de PNP gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en cebolla y trigo, respectivamente.

Longitud de raíz micorrizada en %(LRM)

Los valores de % de LRM oscilaron entre 82,20 y 94,88, los cuales pudieran ser considerados altos, ya que en otras evaluaciones en suelos de muy baja fertilidad como los de un suelo ultisol ácido, sometido a prácticas de manejo conservacionista por 3 años, Toro *et al.* (2002), han encontrado los valores más altos de %LRM alrededor de 53% en la rizosfera del cultivar Ch VII bajo las prácticas de manejo evaluadas.

Este comportamiento pudo estar influenciado por la dosis baja de P, mecanismo que fue expresado mayormente por los cultivares Criollo-26, Ismael, Ch III y Ch VII, principalmente con la fuente de P (T1-0P), lo que pudiera estar relacionado con mecanismos de la planta para extraer P del suelo en condiciones de muy baja disponibilidad. Ya que cuando se aplicó P de cualquier fuente altamente soluble (T3-SFT) o baja solubilidad (T2-RFR) no se encontró diferencias significativas entre cultivares. Jones *et al.* (1998) señalan que la eficiencia con la cual las plantas micorrizadas absorben P es de 1,3 a 7 veces mayor que las plantas no micorrizadas, por tanto, la mayor eficiencia de absorción y utilización de P en los

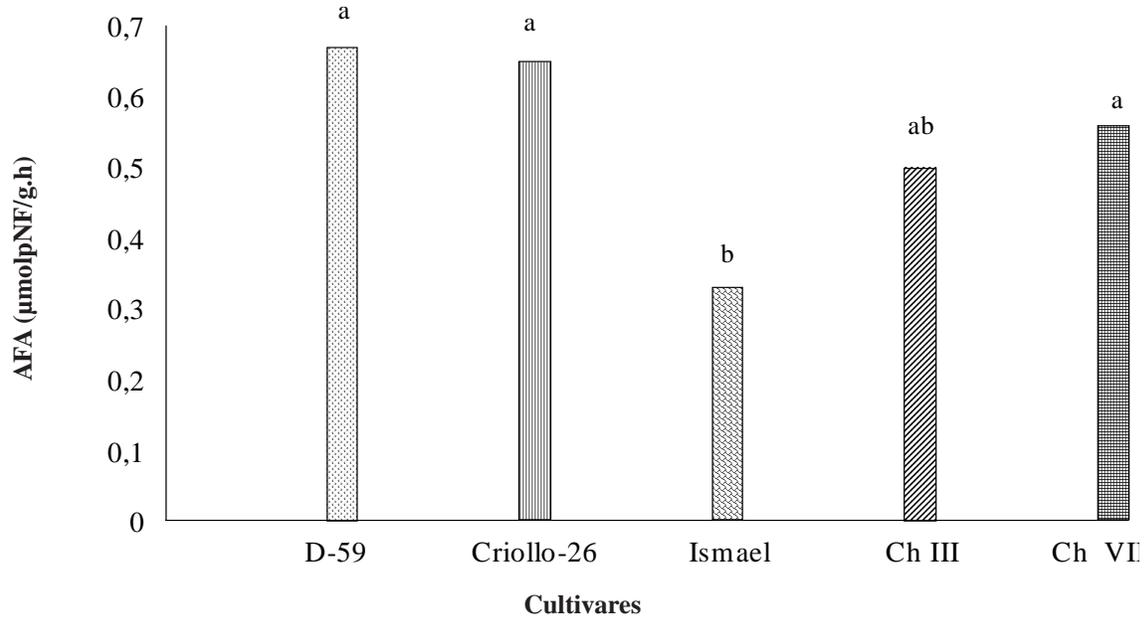


FIGURA 5. Actividad de fosfatasa ácida (AFA) de $\mu\text{molpNF/g.h}$ en 5 cultivares de sorgo con diferentes tolerancia a la toxicidad de aluminio, y fuentes de fósforo de diferente solubilidad. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P \leq 0,05$).

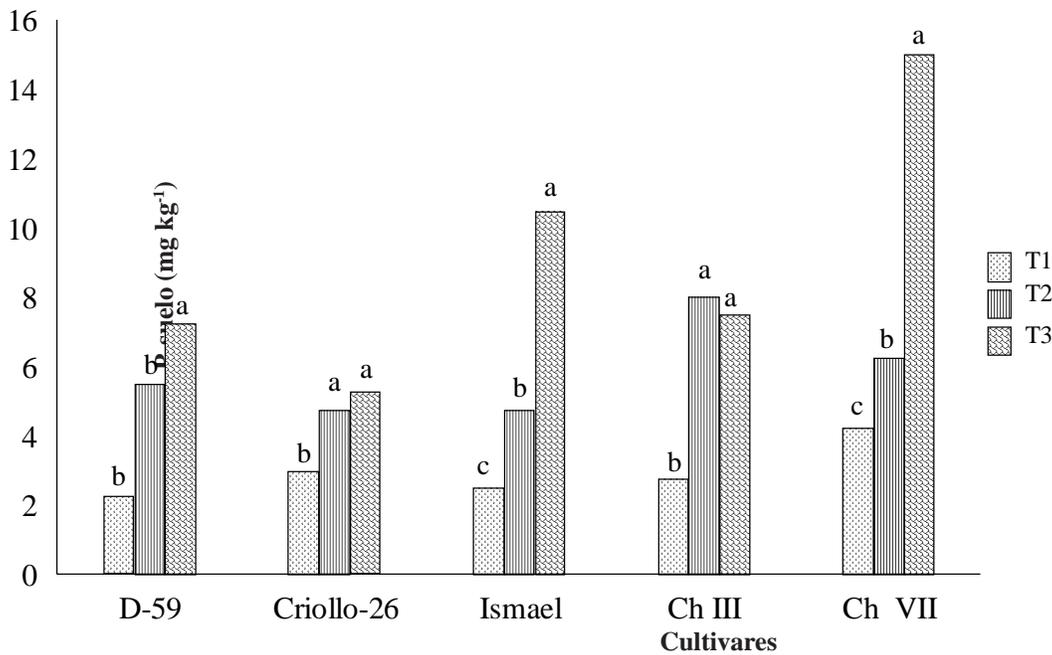


FIGURA 6. Efecto de las fuentes de fósforo en el P-suelo disponible (mg kg^{-1}) en 5 cultivares de sorgo. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P \leq 0,05$).

materiales evaluados, pueden ser atribuidos a este mecanismo.

En la Figura 3 se observa que con el tratamiento T1 (0P) el cultivar DK-59 (susceptible al aluminio) tuvo significativamente menor % de LRM, posiblemente, este cultivar no logró aumentar la disponibilidad de P a partir de formas retenidas en el suelo, pudiendo afectar el % de LRM, debido a que ha sido demostrado en suelos de muy baja disponibilidad de P, pequeñas adiciones de P disponible estimula la micorrización de las raíces. Mientras que los cultivares Criollo-26, Ismael, Ch III y Ch VII lograron altos % de LRM en todos los tratamientos, incluyendo T1-0P, indicando posibles mecanismos de estos materiales para utilizar el P-suelo, tal como ha sido señalado por Miyasaka y Habte (2001).

Fósforo en suelo mg kg⁻¹ (P-suelo)

Los valores de P-suelo oscilaron entre 2,50 y 14,25 mg kg⁻¹, correspondiendo significativamente el mayor valor al cultivar Ch VII, seguido de Ch III, Ismael, y DK-59 y por último al Criollo-26. Los resultados parecen indicar que los cultivares Ch III y Ch VII (ambos TTA) desarrollan mecanismos para aprovechar el P-retenido en el suelo, correspondiendo con los resultados de P-vástago (Figura 2) y el índice de eficiencia de P en el tejido EPv (Figura 4).

La disponibilidad de P en el suelo fue diferente dependiendo del cultivar y la fuente de P-inorgánico (T2, T3), así como de las formas de P-presentes en el suelo, P-inorgánico o P-orgánico. En DK-59, la disponibilidad de P en el suelo fue significativamente mayor con la fuente altamente soluble (T3-SFT), pero con la fuente menos soluble (T2-RFR) y T1-0P) no hubo diferencias estadísticas en el contenido de P-suelo. Mientras que con el Criollo-26 el P-disponible fue igual con la fuente de baja y alta solubilidad, pero con el tratamiento testigo (T1-0P) el contenido de P fue significativamente menor. El Ch III se comportó igual que el Criollo-26, sin embargo, los contenidos de P-suelo proveniente de P-RFR y P-SFT fueron mayores con el Ch III. Mientras que Ch VII e Ismael mostraron igual comportamiento en relación a la disponibilidad de P, siguiendo esta tendencia: P-suelo >T3>T2>T1, Figura 6 (López, 1997).

Fósforo en vástago mg pote⁻¹ (p-v)

La absorción de P entre los cultivares fue diferente y dependiente de la fuente. Los valores oscilaron entre 4,16 y 6,71 mg de P pote⁻¹. Se encontró diferencias entre los cultivares en la absorción de P, Ismael, Ch III y Ch VII absorbieron significativamente mayor contenido de P, seguido de DK-59 y Criollo-26.

La eficiencia de absorción de P de los cultivares estuvo influenciado por la fuente de P (Figura 2). Por ejemplo, el DK-59, mostró alta respuesta a la fuente de P-soluble (T3), mientras que Criollo-26 mostró igual absorción de P con la fuente altamente soluble (SFT) y con la menos soluble (RFR) y significativamente menor con el T1. Ismael, absorbió el P de acuerdo a la fuente: mayor absorción con T3>T2>T1. Ch III, absorbió mayor cantidad de P de la fuente soluble (SFT), pero absorbió igual cantidad de P de la fuente menos soluble (RFR) y del testigo (T1). Mientras que Ch VII logró significativamente absorber más P del T3, seguido por T2 y T1. El cultivar Ch III, pareciera desarrollar mecanismos, para hacer disponible el P desde formas poco accesible a la planta, tanto de las formas de P-Ca (RFR) como las retenidas en el suelo (P-Al, P-Fe).

Reacción del suelo:(pH-suelo)

El pH en el suelo, al momento de la cosecha osciló entre 4,54 y 4,74, no se encontró diferencias significativas entre cultivares ni entre tratamientos en los cambios de la reacción del suelo.

Reacción de la rizosfera: (pH-rizosfera)

Se encontraron cambios en los valores de pH en la rizosfera de los cultivares evaluados. Los pH oscilaron entre: 4,33 y 5,36. Hubo diferencias significativas entre cultivares con respecto a esta variable (Figura 7). El cultivar DK-59, disminuyó el pH en la rizosfera en todos los tratamientos, pero, los demás materiales incrementaron el pH.

Los cambios en pH rizosfera, tanto disminución como incrementos, han sido observados en especies de plantas eficientes en la absorción de P, estos cambios son asociados a la presencia de diferentes tipos de P-retenido en el suelo. Por ejemplo, la solubilidad de P-Ca aumenta a medida que disminuye el pH. En DK-59, la reducción del pH rizosfera en

presencia del tratamiento con RFR, parece ser debido a este mecanismo, ya que este comportamiento ha sido señalado por otras especies eficientes en absorción de P (Miyasaka y Habte, 2001). Mientras que aumentos en el pH de la rizosfera por cultivares eficientes en absorción de P ha sido relacionado con la presencia de P-Al y P-Fe en el suelo y la adaptación de los cultivares a suelos ácidos (Miyasaka y Habte, 2001), esto parece ser el caso de los cultivares (Ismael, Criollo-26, Ch III y Ch VII) que incrementaron el pH en la rizosfera en el tratamiento T1. Sin embargo, los cultivares que lograron absorber más P del suelo (T1) fueron : Ismael, Ch III y Ch VII, (Figura 7).

Índice de eficiencia de utilización de P (E_{pv})

En el índice de eficiencia de utilización de P (E_{pv}), se encontró diferencias significativas entre los cultivares. Los valores en esta variable oscilaron entre 1122 y 1338. Los materiales que resultaron más eficientes de acuerdo al índice utilizado, fueron en orden jerárquico: Ch VII= Ch III > Ismael > Criollo-26 = DK-59. La eficiencia mostrada por Ch VII, Ch III e Ismael fue evidenciada independientemente de la fuente de P (SFT, RFR) o P-suelo. Mientras que Criollo-26, fue más eficiente con la fuente altamente soluble y menos eficiente con la fuente menos soluble (RFR). DK-59, presentó una eficiencia de P igual en

los tres tratamientos. Este comportamiento, también fue observado con Ch VII e Ismael (Figura 4).

Si se compara la producción de MS por unidad de P absorbido, se tiene que con 0P, el DK-59 (susceptible), absorbió 0,896 µg de P por miligramo de MS producida, mientras que Ch III (tolerante), absorbió 0,7 µg por cada mg de MS producida.

Los resultados obtenidos, corresponden con las aseveraciones de Horst (2002), quien menciona que las plantas pueden influir directa o indirectamente sobre los procesos que gobiernan la adquisición de P del suelo y de los fertilizantes, a través de modificaciones en propiedades del suelo, por diferentes mecanismos expresados por los cultivos, por tanto, aumentan la disponibilidad y absorción de P. Sin embargo, este investigador indica que la selección de cultivares de alta eficiencia de absorción de P, puede mejorar el P-disponible a la planta, lo cual puede ser viable sólo en combinación con aplicaciones de mantenimiento de P en suelos con baja capacidad de adsorción de P. Pero la eficiencia de P basada en eficiencia de utilización podría reducir la cantidad de P exportado en los órganos o productos cosechados (grano-vástago), conduciendo a baja calidad nutricional de esos productos y de los residuos de cosecha, por tal razón señala, que si la eficiencia de P es debida a la movilización de P desde fracciones de P del suelo menos disponible, enton-

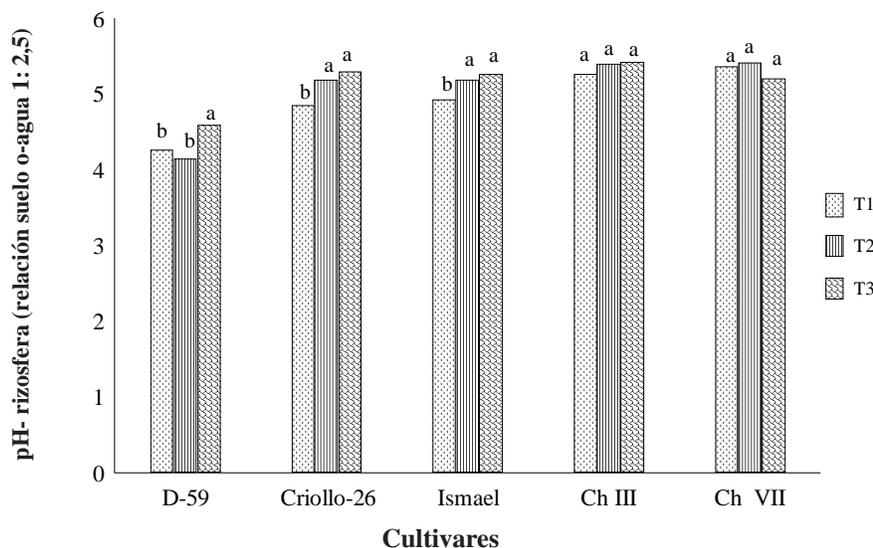


FIGURA 7. Efecto de las fuentes de fósforo sobre el pH en la rizosfera en 5 cultivares de sorgo. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre si (Tukey, $P \leq 0,05$).

ces, el P del suelo fácilmente disponible podría ser reducida.

Por lo tanto, retorno de residuos de cultivo podría reducir el P exportado desde el suelo, pero la cantidad de P que retorna en residuos de cosecha es generalmente baja, debido a traslocación muy eficiente de P desde órganos vegetativos de la planta a los reproductivos, especialmente en presencia limitada de P.

En síntesis, se encontró diferencias significativas entre los cultivares evaluados en los mecanismos de expresados para crecer en el suelo ácido evaluado y con las fuentes de P utilizadas. Un resumen de este comportamiento se muestra a continuación.

En la producción de MS, los materiales siguieron en orden jerárquico este comportamiento: Ch III = Ismael > Ch VII > DK-59 > Criollo-26.

En la actividad de la fosfomonoesterasa ácida (AFA): el orden fue: DK-59 = Criollo -26 > Ch VII > Ch III > Ismael.

Con respecto al % de LRM, todos los materiales presentaron igual micorrización, encontrándose diferencias sólo con el tratamiento sin P (T1), donde DK-59 mostró menor % de LRM.

El contenido de P-suelo fue diferente entre cultivares y dependió de la fuente. El orden jerárquico fue: Ch VII > Ch III > Ismael > DK-59 > Criollo -26.

La absorción de P fue diferente entre los cultivares y dependiente de la fuente. El orden fue en importancia: Ch VII = Ch III = Ismael > DK-59 > Criollo-26.

El pH en la rizosfera fue distinto al del suelo, los materiales que incrementaron el pH fueron: Ch III, Ch VII, Ismael, y Criollo -26. Mientras que el DK-59, disminuyó el pH en todos los tratamientos.

En el índice de eficiencia de utilización de P (EPv), se encontró diferencias entre cultivares y entre los tratamientos. Siendo en orden de importancia: Ch VII = Ch III > Ismael > Criollo-26 = DK-59.

CONCLUSIONES

- Los cultivares evaluados manifestaron diferencias significativas en los mecanismos expresados para crecer en suelos ácidos. Comportándose distinto dependiendo de la fuente de P y la interacción fuente por tratamiento.
- Los materiales más eficientes en la absorción y utilización de P, expresaron mecanismos tales como: >% de LRM, principalmente en el tratamiento de menos disponibilidad, y aumentos en el pH de la rizosfera. Este comportamiento se presentó principalmente en los materiales TTA. Correspondiendo con los mayores rendimientos de MS.
- Mientras que los cultivares menos eficientes en la absorción y utilización de P, expresaron como mecanismo para crecer en el suelo ácido, mayor AFA. Este comportamiento fue característico en el DK-59, material susceptible a la TA.
- El cultivar Criollo-26, el cual aún no ha sido seleccionado por su TTA, tiende a comportarse como el DK-59 (susceptible), principalmente en la AFA, contenido de P-suelo, absorción de P y en el índice de eficiencia de utilización de P, pero se comportó como los materiales tolerantes en relación a su capacidad para micorrizar y en los cambios de pH rizosferico (aumentos). Estos resultados indican la necesidad de evaluar el comportamiento del Criollo-26 en soluciones nutritivas, para determinar el grado de TTA Al.

BIBLIOGRAFÍA

- Barber, S. A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field conditions. *Agronomy Journal*. 70:457-461.
- Barley, K. P. 1970. The configuration of the root system relation to nutrient uptake. *Adv. Agronomy*. 22:159-201.
- Barrios, E. 2001. Calidad de recursos orgánicos, descomposición, disponibilidad de nutrientes y respuesta de los cultivos. In: Resúmen XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Varadero-Cuba.
- Bolan, N. S., A. D. Robson and N. J. Barrow. 1987. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on

- the availability of iron phosphate to plants. *Plant and Soil*. 134:189-207.
- Clarholm, M. 1993. Microbial biomass P, labile P, and acid phosphatase activity in the humus layer of a spruce forest, after repeated additions of fertilizers. *Biol. Fertil. Soils*, 16:287-292.
- Darrah, P. R. 1993. The rhizosphere and plant nutrition: a quantitative approach. *Plant and Soil*. 155-156:1-20.
- Dodd, J. C., C. C. Burton, G. Burns and P. J. Jeffries. 1987. Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytology*. 107:163-172.
- Dracup, M. N., E. G. Barret-Lennard, H. Greenway and A. D. Robson. 1984. Effect of phosphorus deficiency on phosphatase activity of cell walls from roots of subterranean clover. *Journal of Experimental Botany*. 35(155):466-480.
- Fageria, N. K., R. J. Wright and V. C. Baligar. 1998. Rice cultivar evaluation for P use efficiency. *Plant and Soil*. 111:105-109.
- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytol*. 84:489-500.
- Guzmán, B. E. y M. A. Puerta. 1984. Caracterización biométrica de los cultivares de sorgo granífero en el Nor Oriente de Guárico. Valle de la Pascua FONAIAP. Llanos Centrales. E. E. Nor Oriente de Guárico. (20p. Serie B, # 1-07).
- Hedley, M. J., G. J. D. Kirk and M. B. Santos. 1994. Phosphorus utilized by upland rice cultivar. *Plant and Soil*. 158:53-62.
- Hoffland, E., G. R. Findenegg and J. A. Nelemans. 1989. Solubilization of rock phosphate by rape. II local root exudation of organic acids as a response to P-starvation. *Plant and Soil*. 113:161-165.
- Horst, W. J. 2002. Identification and characterization of aluminium-resistant, phosphorus-efficient plant genotypes adapted to tropical acid soils. Mimeo-grafiado. **In:** Second Research Co-ordination Meeting of the Co-ordinated Research Project, The development of management for sustainable crop production systems on tropical acid soil through the use of nuclear and related techniques. Brasilia, Brazil. 11-15 march, 2002. 16 p.
- Huang, C., Y. L. and E. E. Shulte. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Communications in Soil. Science and Plant Analysis*. 16:943-958.
- Jayachandran, K., A. P. Shwab and B. A. Hetrick. 1992. Mineralization of organic phosphorus by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem*. 24(9):897-903.
- Jones, M. D., D. M. Durall and P. B. Tinker. 1998. A comparison of arbuscular and ectomycorrhizal *Eucalyptus coccifera*: growth response, phosphorus uptake efficiency, and external hyphal production. *New Phytol*. 140:125-134.
- Jungk, A. 1987. Soil-root interactions in the rhizosphere affecting plant availability of phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*. 10(9-16):197-204.
- Koide, R. T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol*. 117:365-386.
- López de R., I., M. Silva de, J. Comerma. 1987. Suelos Ácidos - Avance en la construcción del sistema experto para hacer recomendaciones en estos suelos. **In:** simposio manejo de suelos ácidos en los tropicos. IX Congreso Venezolano y X CLCS. Maracaibo, estado Zulia- Venezuela, del 14 al 21 de junio de 1987. 9 p.
- López, M. 1997. Eficiencia de absorción de fósforo por tres cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de diferente tolerancia a la toxicidad de aluminio. Tesis de postgrado. Aragua, Ven. en Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de agronomía. 123 p.
- López, M.; R. Ramírez y J. Paolini. 1999. Actividad de la fosfatasa ácida en la rizosfera de tres cultivares de sorgo fertilizados con superfosfato triple y roca fosfórica. *Agronomía Tropical* (49)2:119-134.
- López, M., N. Alfonso, S. Caniche, S. Guerrero y L. Briceño. 2001. Caracterización de Suelos ácidos del nororiente de Guárico y centro norte de Cojedes. **In:** IV Jornadas Técnicas del CENIAP realizadas en el marco de los 50 años del Centro.

- Maracay del 12 al 14 de septiembre de 2001. En memorias. Formato electrónico CD.
- Maschner, H., V. Romheld and M. Kissel. 1986. Different strategies in higher plant in mobilisation and uptake of iron. *Journal Plant Nutrition*. 9: 695-713.
- Marschner, H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159: 89-102.
- Mc Lachlan, K. D. 1976. Comparative phosphorus responses in plants to a range of available phosphorus situations. *Aust. Journal Agric. Res.* 27:323-341.
- Mena, H., R. Jiménez y E. Georges. 2000. Ensayos Regionales de sorgo granífero. Maracay, Ven., Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 26 p.
- Mena, H., R. Jiménez y E. Georges. 2001. Ensayos Regionales de sorgo granífero. Maracay, Ven., Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 26 p.
- Miyasaka, S. C. and M. Habte. 2001. Plant mechanisms and mycorrhizal symbioses to increase phosphorus uptake efficiency. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32(7-8):1 101-1 147.
- Olsen, R. S., C.V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA. Cir* 939.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol Soc.* 55:158-161.
- Raj, J., D. J. Bagyaraj and A. Manjunath. 1981. Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and a phosphate dissolving bacterium on plant growth and 32P-uptake. *Soil Biology Biochemical*. 13:150-158.
- Ramírez, R. and M. López. 2000. Agronomy effectiveness of phosphate rock and superphosphate for aluminum tolerant and non-tolerant sorghum cultivars. *Communication in Soil Science and Analysis*. 31(9 y 10):1 169-1 178.
- Rodríguez, H. H., R. Ramírez y J. E. Williams. 1986. Respuesta de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) a la toxicidad del aluminio en soluciones nutritivas. *Agronomía Trop.* 36(4-6):89-96.
- Shenck, M. and S. Barber. 1979. Root characteristic of corn genotypes as related to phosphorus uptake. *Agronomy Journal*. 71:921-924.
- Solórzano, P. R. 1981. Comportamiento de híbridos nacionales de sorgo granífero en suelos ácidos. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Maracay. XXII. 1-2:47-61.
- Tabatabai, M. A. 1982. Soil enzymes. In *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (a. L. Page, de). American Socie of Agronomy, Madison. p. 903-947.
- Tabatabai, M. and J. M. Bremner. 1969. Use of p-nitrophenol phosphatase activity. *Soil Biology & Biochemistry*. p. 301-307.
- Toro, M., M. López y D. López. 2002. Primer informe de avance del proyecto: "Efecto de las prácticas agrícolas sobre el funcionamiento de las micorrizas arbusculares y su incidencia en el desarrollo sostenible de agroecosistemas" S1-2000000649. Caracas, 30 p.
- Trasar-Cepeda, Ma. C. and F. Gil-Sotres. 1988. Kinetics of acid phosphatase activity in various soils of Galicia (Nw Spain). *Soil Biology & Biochemistry* 20(3):273-280.
- Wolf, B. 1982. A comprehensive system of leaf analyses and its use for diagnosing crop nutrient status. *Commun. In Soil Science and Plant Analysis* 13(12):1 035-1 059.

RUPTURA DE LATENCIA DE LA SEMILLAS EN POBLACIONES DE ARROZ MALEZA Y SILVESTRES DE VENEZUELA¹

BREAK DORMANCY IN SEEDS OF WEEDY AND WILD RICE POPULATIONS OF VENEZUELA¹

Aída Ortiz Domínguez* y Lorenzo Castillo**

¹ Trabajo financiado por Fundacite Aragua

* Profesora. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Apto. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve. ** Ingeniero Agrónomo. INTI- Carúpano Sucre.

RESUMEN

En esta investigación se evaluó la evolución de la ruptura de latencia y emergencia a 3 profundidades de siembra (0, 5 y 10 cm) en 11 poblaciones de arroz maleza, *Oryza sativa* L., y 4 silvestres (*O. rufipogon* Griff. y *O. latifolia* Desv). Estas poblaciones fueron llamadas según su procedencia. La prueba de germinación fue realizada en una cámara de germinación a una temperatura constante de 30 °C y el experimento de emergencia se sembró en potes contentivos de 2,5 kg de suelo bajo condiciones de invernadero. Con un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones. Los resultados mostraron que las poblaciones de arroz maleza y *O. rufipogon*, alcanzaron la ruptura de latencia entre los 42 y 70 días después de la cosecha (DDC), encontrándose que la mayor proporción de estas poblaciones (46,6%) germinaron en más de un 80% a los 56 DDC. El mayor lapso para romper latencia se observó en *O. rufipogon* (Barinas 10 y Barinas 12). La población Portuguesa 4 (*O. latifolia*) no rompió latencia en el tiempo que duró el experimento. A la profundidad de 10 cm no se observó emergencia de plántulas. El enterramiento de las semillas a 5 cm con respecto a la siembra superficial le indujo latencia secundaria a las poblaciones de arroz maleza y *O. rufipogon*, observándose un mayor grado en Cojedes 3, Portuguesa 7, Portuguesa 9 y Barinas 10. Similar al experimento de germinación, Portuguesa 4 (*O. latifolia*) no emergió en la tres profundidades evaluadas.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; *Oryza rufipogon*; *Oryza latifolia*; arroz maleza; silvestres; ruptura de latencia.

SUMMARY

In this investigation the break dormancy evolution and emergence to three seed burial depth (0, 5 and 10 cm) in 11 populations of weedy rice (*Oryza sativa* L.) and 4 wild rice (*O. rufipogon* Griff and *O. latifolia* Desv) were evaluated. The populations were named according to their origin. The germination tests were carried out in a germination chamber at temperature of 30 °C, and the emergence trial in pots with 2.5 kg of soil under greenhouse conditions. We used a randomized completely design with four replications. The results showed that the populations of weedy rice and *O. rufipogon* broke dormancy between 42 and 70 days after harvest (dah). We found that a major proportion of the evaluated populations (46.6%) germinated (> 80% of germination) at 56 dah. The greater lapse to break dormancy was observed in *O. rufipogon* (Barinas 10 y Barinas 12). The populations Portuguesa 4 (*O. latifolia*) did not break dormancy in the time that lasted the experiment. In the burial depth of 10 cm there was not emergence of seedling. The seed buried at 5 cm, compared against the superficial sowing, induced them to a secondary dormancy to populations of weedy rice and wild rice. We found a greater degree of secondary dormancy in Cojedes 3, Portuguesa 7, Portuguesa 9 and Barinas 10. Similar that found in the germination experiment, Portuguesa 4 (*O. latifolia*) did not emerge at the three evaluated burial depths.

Key Words: *Oryza sativa* L.; *Oryza rufipogon*; *Oryza latifolia*; weedy rice; wild rice; break dormancy.

RECIBIDO: octubre 06, 2005

APROBADO: marzo 08, 2007

INTRODUCCIÓN

El arroz rojo (AR) es una de las principales limitantes en la producción de arroz, *Oryza sativa* L., en Venezuela (Ortiz y Budowski, 1998). Las semillas del AR se desgranar de las panículas incorporándose al banco de semilla de malezas del suelo (Ortiz *et al.*, 1999) y allí pueden conservarse latentes por largos períodos (Noldin, 1995, Vidotto y Ferrero 2000), estos dos atributos que le permiten sobrevivir y perpetuarse en los campos arroceros.

Una semilla latente es aquella que no tiene la capacidad de germinar en un específico momento bajo algunas combinaciones de factores ambientales (temperatura, luz/oscuridad, etc) que en otros casos son favorables para su germinación (Baskin y Baskin, 2004). La latencia primaria se desarrolla durante la etapa de maduración en la semilla en la planta madre (Hilhorst, 1995). La semilla no latente es aquella que germina en un amplio rango de factores ambientales posible para su genotipo. La semilla quiescente es la que no está latente y no germina debido a que le falta el estado óptimo de uno o más factores ambientales de acuerdo a su genotipo (Baskin y Baskin, 2004).

La latencia primaria en el arroz es principalmente debida a la influencia inhibitoria que ejercen las estructuras que cubren las semillas (glumas y pericarpio), las cuales actúan como barrera a la difusión de algunas sustancias, probablemente gases, desde afuera de la semilla hasta el embrión o viceversa (Roberts, 1962). Las condiciones que promueven o rompen la latencia en el arroz no están bien entendidas hasta ahora. Sin embargo, se ha encontrado que los embriones aislados de semillas de AR recién cosechadas germinaron rápidamente, indicando que ellos no mostraron latencia. Así mismo, se ha evidenciado que la aplicación de citokininas a semillas de AR sin glumas rompe su latencia, pero no funciona cuando se usa en semillas con glumas (Cohn y Butera, 1982).

Otros trabajos muestran diferentes métodos para romper latencia (luz, temperatura, aplicaciones de giberelinas exógenas (Berrie, 1984), nitrato (Cohn *et al.*, 1983), alcoholes (Footitt y Cohn, 1992, Krocho *et al.*, 1998; Hilhorst y Cohn, 2000), ácidos

carboxílicos (Cohn *et al.*, 1987). Sin embargo, la técnica de romper latencia descubierta por Roberts en 1963 y 1965, se ha hecho muy popular entre los fitomejoradores de arroz, la cual consiste en colocar las semillas de arroz recién cosechada por 3 días en estufa a temperatura entre los 50 a 55 °C, este método también ha sido utilizado en los programas de acondicionamiento de semillas, sin embargo no se ha encontrado el mecanismo bioquímico que explique porque se produce el cese de la latencia.

En otro orden de ideas es importante señalar que en un arroz mutante súper enano se encontró mayor germinación en anoxia total (Condición anaeróbica) que ante la presencia de oxígeno (condición aeróbica). Además, la aplicación de GA3 mostró bajo porcentaje de germinación, muy por debajo del tratamiento de anoxia total. Lo que conduce a deducir que en este genotipo el sistema de aleurona de cebada que se utiliza para explicar la germinación en cereales no logra explicar la germinación y que la producción de la enzima α -amilasa en la semilla quizás fue estimulada por los productos de la glicólisis tales como etanol, piruvato o ácido láctico (Frantz y Bugbee, 2002).

Otro genotipo que rompe el esquema de latencia en arroz fue el hallado en Korea del Sur, el cual es un AR fotoblástico que depende de la luz (en la longitud de onda roja que involucra al Fitocromo B), para germinar quizás como un mecanismo de supervivencia al tipo de siembra por transplante que se hace en ese país (Chung y Paek, 2003).

En condiciones de campo, la habilidad para que emerja una plántula desde su semilla en suelo está afectada por la profundidad a la cual está enterrada, como respuesta a los diferentes tipos de preparación del suelo (Roberts y Feast, 1972). La emergencia de plántulas en relación con el enterramiento principalmente depende de las diferencias en contenido de humedad, aireación, disponibilidad de luz y temperatura dentro del perfil del suelo y varía de acuerdo con las especies y tamaño de las semillas (Grundy *et al.*, 1996).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la evolución de la ruptura de latencia y emergencia a 3 profundidades de siembra (0, 5 y 10 cm) en 11 poblaciones de arroz maleza (*Oryza sativa* L.) y 4 silvestres (*O. rufipogon* Griff. y *O. latifolia* Desv).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas utilizadas en este experimento fueron procedentes del experimento de Gómez (2002), el cual se realizó bajo condiciones de invernadero. A su vez Gómez recolectó estas semillas en campos de arroz en Portuguesa, Calabozo, Cojedes y Barinas (Cuadro 1).

Experimento 1: Prueba de germinación

Se utilizó la prueba de germinación estándar para evaluar la ruptura de latencia, según la Internacional Seed Test Association (ISTA, 1993) modificada por Ortiz (1997) y Delgado (2000), donde se utilizaron envases plásticos en cuyo interior se colocaron mallas del mismo material, cubiertos con papel toalla y en las mismas se pusieron 20 semillas de cada uno de los tratamientos, y finalmente estos potes se ordenaron en una cámara de germinación a una temperatura constante de 30 °C. Este experimento se ajustó a un diseño de experimento completamente aleatorizado.

Las semillas se pusieron a germinar desde la cosecha (0 DDC) con intervalos de 7 d hasta que las semillas alcanzaron 80 o más porcentaje de germinación. Se considera que cuando la semilla de arroz alcanza 80% de germinación se ha roto su latencia.

Experimento 2: Porcentaje de emergencia

Se evaluaron las mismas poblaciones de arroz maleza y silvestres que en el experimento anterior después que sus semillas rompieron latencia (semillas quiescentes), las cuales se sembraron, bajo un diseño de experimentos completamente aleatorizado con 4 repeticiones, 20 semillas por cada tratamiento, bajo 3 profundidades, 0, 5 y 10 centímetros desde la superficie del suelo, en envases de 2,5 kilogramos de capacidad, contenido de un suelo previamente esterilizado con vapor de agua por 12 h. Este suelo pertenece a la serie Maracay, fluventic haplustolf, francosa gruesa mixta, hisohipertermica, localizada en eje de explayamiento, formación Las Mercedes, frente al instituto de Química y Tecnología de la UCV, Facultad de Agronomía.

CUADRO 1. Poblaciones de arroz maleza y silvestre recolectadas y lugares de muestreo en las zonas arroceras de Venezuela. 2000-2001.

Muestra	Características de las semillas	Especie	Lugar de Recolección
Cojedes 1	Glumas negras aristada	<i>Oryza sativa</i>	Finca La Palma. San Carlos. Edo. Cojedes
Cojedes 2	Glumas pajizas aristado	<i>Oryza sativa</i>	Finca La Palma. San Carlos. Edo. Cojedes
Cojedes 3	Glumas marrón y aristado	<i>Oryza sativa</i>	Finca Santa Silva. Edo. Cojedes. Produc. Gerardo Monjes
Portuguesa 4	Glumas negras y arista curvada media	<i>Oryza latifolia</i>	Acarigua. Edo. Portuguesa. Produc. Aurelio Amaya
Portuguesa 5	Glumas marrón aristado	<i>Oryza sativa</i>	Parcela 531. Acarigua. Edo. Portuguesa. Produc. Pedro Herce
Portuguesa 6	Glumas negro aristado	<i>Oryza sativa</i>	Parcela 531. Acarigua. Edo. Portuguesa Produc. Pedro Herce
Portuguesa 7	Glumas pajizo aristado	<i>Oryza sativa</i>	Finca La Carolina. Edo. Portuguesa
Portuguesa 8	Glumas marrón aristado	<i>Oryza sativa</i>	Finca La Carolina. Edo. Portuguesa
Portuguesa 9	Glumas negro aristado	<i>Oryza sativa</i>	Finca La Carolina. Edo. Portuguesa
Barinas 10	Glumas negro aristado	<i>Oryza rufipogon</i> *	Productor José Linares. Edo. Barinas
Barinas 11	Glumas negro aristado	<i>Oryza rufipogon</i> *	Zambrano. Edo. Barinas
Barinas 12	Glumas negro aristado	<i>Oryza sativa</i>	Mateo Delfín. Edo. Barinas
Guárico 13	Glumas pajizas y aristado	<i>Oryza sativa</i>	Parcela 194B. Sector Lecherito. Calabozo Edo. Guárico
Guárico 14	Glumas negro aristado	<i>Oryza sativa</i>	Parcela 194B. Sector Lecherito. Calabozo Edo. Guárico
Guárico 15	Glumas negro aristado	<i>Oryza rufipogon</i> *	Parcela 194B. Sector Lecherito. Calabozo Edo. Guárico

**O. glumaepatula* Steud (Vaughan and Tomooka, 1999).

Las características edáficas del suelo fueron: textura franca, bajo contenido de materia orgánica (1,32%); alto contenido de fósforo (143 ppm); calcio (2256 ppm); sodio (14 ppm); magnesio (326 ppm); pH de 7,2, conductividad eléctrica de 0,200ds/m; 42,8% de arena, 46,2% de limo y 10,4% de arcilla.

Se evaluó el porcentaje de emergencia contando el número de plántulas de arroz a los 15 días después de la siembra.

Análisis estadísticos

En el experimento 1 se utilizó el programa Sigma Plot para graficar los datos de germinación de las semillas. El experimento 2 se aplicó las pruebas de los supuestos estadísticos: normalidad (Wilk y Shapiro), aditividad a través de la prueba de Tukey y el supuesto de homogeneidad de varianza de los errores, utilizando la prueba de Bartlett. El supuesto de independencia se consideró garantizado por la aleatorización de los tratamientos. Posteriormente se realizó el análisis de varianza y las pruebas de media de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la ruptura de latencia

En las Figuras 1a, 1b, 1c y Cuadro 2, se puede observar que los AR Portuguesa 5, Portuguesa 8 y Portuguesa 9, rompieron latencia más tempranamente a los 42 DDC que las otras poblaciones. Así mismo, se formaron grupos intermedios con Cojedes 1 y Barinas 12 que germinaron en más de 80% a los 49 DDC; Cojedes 2, Cojedes 3, Portuguesa 6, Portuguesa 7 Guárico 13, Guárico 14 y Guárico 15 a los 56 DDC; Barinas 10 a los 63 DDC. Las Figuras de Guárico 1b (14 y 15) mostraron mayor variación antes de los 56 DDC que las exhibidas por las otras poblaciones de este estudio. Por último, Barinas 12 fue el tratamiento más tardío en germinar (70 DDC). Portuguesa 4 no rompió latencia durante el tiempo que duró este experimento.

Las poblaciones de *O. sativa* mostraron menores días para romper latencias que lo observado en *O. rufipogon*. Así mismo, la población de *O. latifolia*, no germinó durante el desarrollo de esta investigación. Seis poblaciones de AR y una de *O. rufipogon* rompieron latencia a los 56 DDC. De las 3 pobla-

ciones de *O. rufipogon* evaluadas Guárico 15 alcanzó el 80% de germinación más tempranamente que las de Barinas. Igualmente, los AR (*O. sativa*) de Portuguesa fueron más variable en la respuesta a la ruptura de latencia, encontrándose sus poblaciones en 3 grupos (42, 49 y 56 DDC), sin embargo, los AR de Guárico fueron más uniforme manteniéndose en el de 56 DDC solamente.

Emergencia de plántulas a diferentes profundidades

A la profundidad de 10 cm no se observó emergencia de plántulas en todos los tratamientos.

En el Cuadro 3 se muestra que hubo diferencias significativas entre las poblaciones de AR cuando fueron sembradas tanto en la superficie como a 5 cm de profundidad del suelo. Así mismo, se observa que las semillas colocadas en la superficie del suelo exhibieron mayor porcentaje de emergencia que cuando se enterraron a 5 cm, lo cual podría interpretarse como que estas poblaciones quizás adquirieron latencia secundaria al enterrar sus semillas en el suelo.

Las diferencias observadas entre la siembra a 0 y 5 cm de profundidad de enterramiento en las poblaciones de AR y *O. rufipogon* osciló entre 38,75 a 74,00 DDC. La población de *O. latifolia* no mostró emergencia a los 0, 5 y 10 cm de profundidad de enterramiento. Guárico 15 y Barinas 10, ambos silvestres, mostraron las menores diferencias de emergencia.

Estos resultados indican que la mayor proporción de poblaciones de AR de este estudio mostraron ruptura de latencia a los 56 DDC, bajo condiciones de invernadero, así mismo, las poblaciones dentro de la especie *O. rufipogon*, Barinas 10 y 12 fueron más tardías (>63 DDC) en romper latencia que las de las especies *O. sativa* colectadas en Portuguesa, Guárico y Barinas 13 (*O. rufipogon*).

En el país se han conducido varios experimentos para evaluar latencia mostrando una amplia variabilidad en respuesta a la ruptura de latencia dentro la especie *O. sativa*, tales como que en 5 poblaciones de AR, procedentes de 4 estados productores de arroz y sembradas bajo condiciones de invernadero, mostraron diferentes fechas para alcanzar el 80% de germinación, Portuguesa 2 (60 DDC); Portuguesa 1 (45 DDC); Calabozo (30 DDC), Barinas (15 DDC) y Cojedes que no mostró período de latencia (Ortiz *et al.*, 2000).

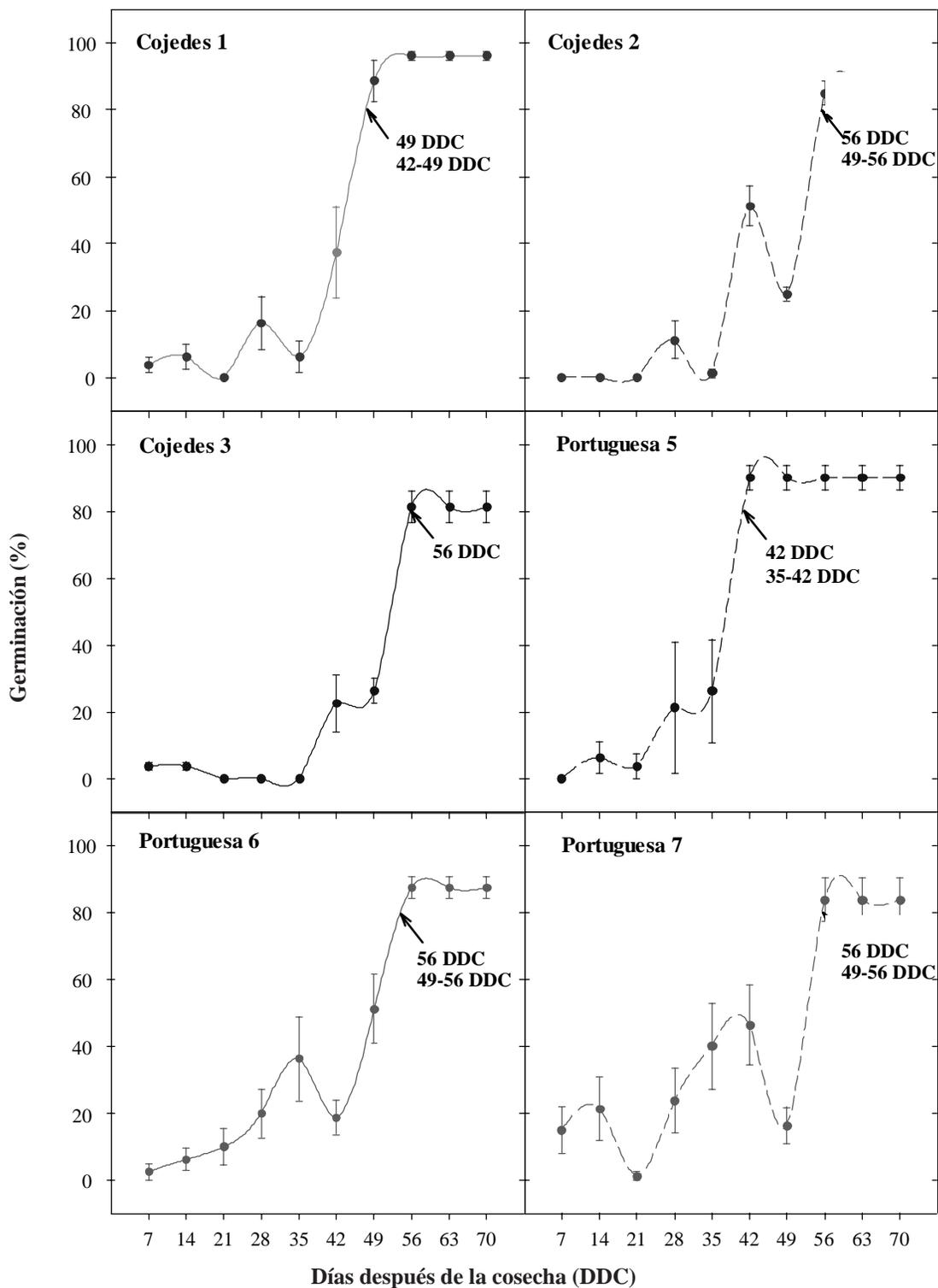


FIGURA 1a. Evolución del porcentaje de germinación de las semillas de algunas poblaciones de arroz rojo para determinar el tiempo de ruptura de latencia.

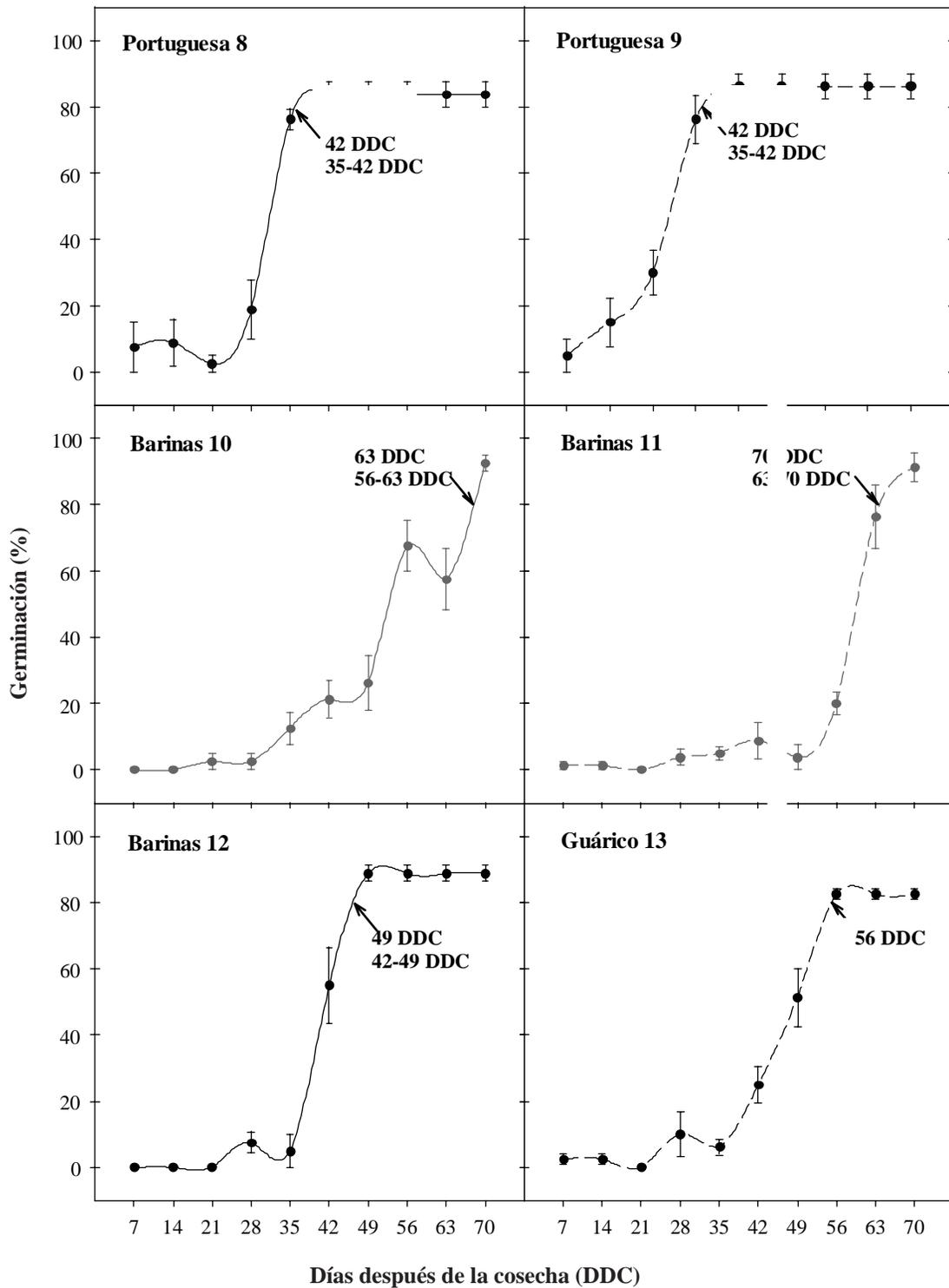


FIGURA 1b. Evolución del porcentaje de germinación de las semillas de algunas poblaciones de arroz rojo para determinar el tiempo de ruptura de latencia.

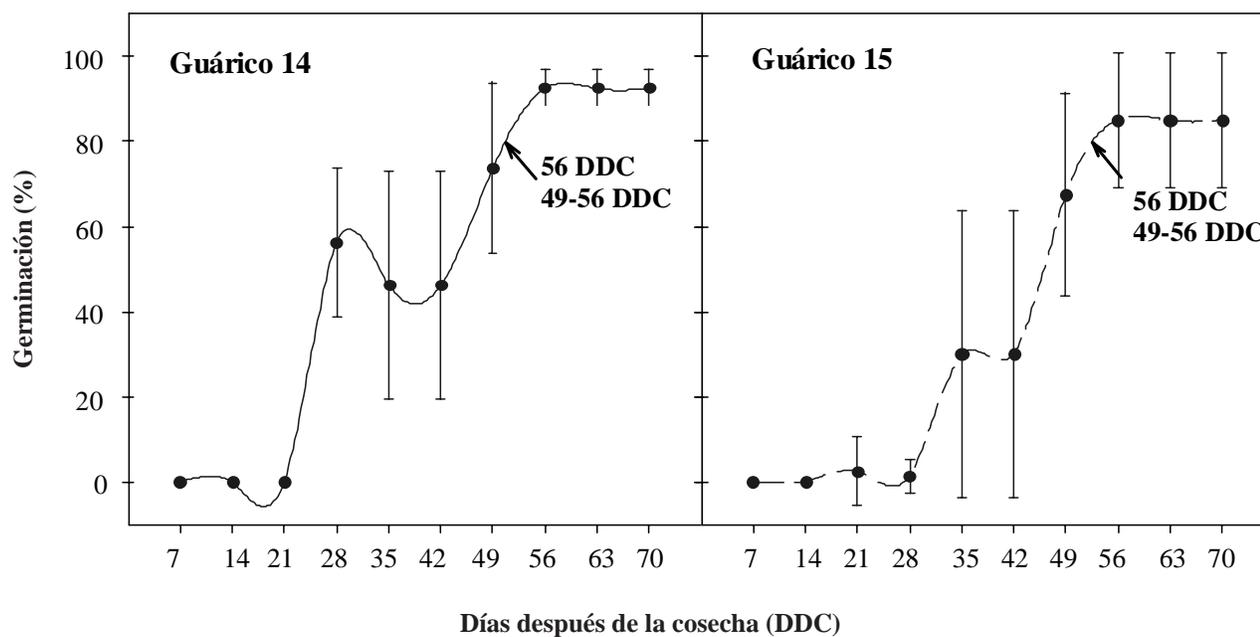


FIGURA 1c. Evolución del porcentaje de germinación de las semillas de algunas poblaciones de arroz rojo para determinar el tiempo de ruptura de latencia.

CUADRO 2. Porcentaje de emergencia de algunas poblaciones de arroz rojo sembrados a dos profundidades de siembra.

42 DDC	49 DDC	56 DDC	63 DDC	70 DDC
Portuguesa 5 (<i>O. sativa</i>)	Cojedes 1 (<i>O. sativa</i>)	Cojedes 2 (<i>O. sativa</i>)	Barinas 10 (<i>O. rufipogon</i>)	Barinas 12 (<i>O. rufipogon</i>)
Portuguesa 8 (<i>O. sativa</i>)	Barinas 12 (<i>O. sativa</i>)	Cojedes 3 (<i>O. sativa</i>)		
Portuguesa 9 (<i>O. sativa</i>)		Portuguesa 6 (<i>O. sativa</i>)		
		Portuguesa 7 (<i>O. sativa</i>)		
		Guárico 13 (<i>O. sativa</i>)		
		Guárico 14 (<i>O. sativa</i>)		
		Guárico 15 (<i>O. rufipogon</i>)		

*Promedio en columnas con letras iguales no difieren estadísticamente al 5% según la prueba de Tukey. CV: coeficiente de variación.

Así mismo, en semillas de AR proveniente de la Finca Tierra Rica, estado Cojedes, se encontró que la población de AR negro aristado rompió latencia bajo condiciones de laboratorio a los 28 DDC el pajizo aristado y marrón aristado a 42 DDC y el marrón sin arista a los 49 DDC (Delgado y Ortiz, 2001).

La latencia en muchas especies puede ser rota en pocos días a una temperatura constante y con suficiencia de humedad en el laboratorio, sin embargo, en el campo podría tomar semanas o meses debido a que no hay una temperatura constante y obviamente hay diferencias en el contenido de humedad que se presentan en el suelo (Tortterdell y Roberts, 1979; Hilhorst, 1990).

La ruptura de latencia depende también del humedecimiento y secado de las semillas y la relación entre el tiempo, temperatura y potencial del agua, lo que se convierten en estímulos disparadores de la germinación. En el entendimiento de la regulación de la latencia en el banco de semilla del suelo se debe asumir que a) la semilla es capaz de percibir la temperatura del suelo, b) la semilla es capaz de acumular información sobre la temperatura c) la semilla puede ser capaz de responder a similar temperatura en dirección opuesta, por ejemplo semillas de malezas que germinan en invierno y otras que lo hacen en verano (Hilhorst y Cohn, 2000).

Igualmente en este estudio se encontró que el enterramiento de las semillas quiescentes a 5 cm de profundidad les indujo menos latencia secundaria que a los 10 cm, indicando que existe una relación inversa que se expresa en que a mayor profundidad de enterramiento de las semillas menor emergencia de plántulas de AR y silvestre en el suelo.

En un trabajo conducido en Colombia se encontraron resultados similares a esta investigación, donde el AR Pipón Desgranador al ser enterrado a los 5, 15 y 25 cm de profundidad en el suelo y desenterrados a los 3, 5 y 7 meses, mostró un incremento de la latencia en 12, 47 y 41%, respectivamente, por lo que estos autores suponen que ocurrió inducción de latencia secundaria debido a la oscuridad al cual fueron sometidas las diásporas por el enterramiento y esta situación le causó fotodependencia por lo que

estas semillas requieren del estímulo de la luz para activar el fitocromo B y activar la germinación. La promoción activación de la germinación puede ocurrir con el movimiento del suelo producido por la labranza que saca semillas de las capas más profundas del banco de diásporas del suelo colocándolas en las superficies donde penetra la luz y así de esta forma se rompe la latencia secundaria (Montealegre y Clavijo, 1994).

Algunos estudios han revelado como el método de labranza afecta la distribución de las semillas de maleza en el perfil del suelo, en tal sentido se ha señalado que en la labranza conservacionista las semillas de malezas se concentran en la capa superficial del suelo mientras que en las labranza tradicional se entierran a través de una profundidad mayor del suelo (Godoy *et al.*, 1995, Yenish *et al.*, 1992, Pareja *et al.*, 1985). Otra investigación ha evidenciado que el arado entierra más las semillas de maleza que el cincel (Staricka *et al.*, 1990). Estos estudios indican que la distribución vertical en los bancos de semillas, juega un papel importante en los cambios en las poblaciones de maleza entre los distintos sistemas de labranza (Bulher *et al.*, 1997)

Debido a la diferencia en tiempo para romper latencia en las semillas de las poblaciones de AR y silvestres evaluadas en este estudio y a la inducción de la latencia secundaria ejercida por la profundidad del enterramiento de las semillas quiescentes, el manejo agronómico mas recomendable de campos con incidencia de AR y silvestres, para disminuir el banco de semillas de malezas, es dejarlos en reposo con una pequeña lámina de agua después de la cosecha, al menos por 42 DDC, y esperar que estas semillas rompan latencia y emerjan la mayor cantidad de plántulas. Posteriormente se debe hacer una aspersión de un herbicida no selectivo al arroz, como el glifosato, o una preparación del suelo en modalidad de batido. De esta manera se van eliminando sucesivamente cohortes de malezas por esta falsa germinación.

Por el contrario, si el suelo se prepara inmediatamente después de la cosecha del arroz contaminado con AR y silvestres, se va incorporar un mayor número de semillas latentes al banco de malezas del suelo y aquellas que estaban quiescentes se les inducirán latencia secundaria, agravando el problema en el arrozal.

CUADRO 3. Porcentaje de emergencia de algunas poblaciones de arroz rojo sembrados a dos profundidades de siembra.

Población	0cm (%)	5cm (%)	Diferencia (%)
Cojedes 1 (<i>O. sativa</i>)	95,00 a	28,75 abc	66,25
Cojedes 2 (<i>O. sativa</i>)	83,50 ab	18,75 abc	64,75
Cojedes 3 (<i>O. sativa</i>)	82,75 ab	8,75 abc	74,00
Portuguesa 4 (<i>O. latifolia</i>)	0,00 c	0,00 c	0,00
Portuguesa 5 (<i>O. sativa</i>)	86,25 a	37,50 a	48,75
Portuguesa 6 (<i>O. sativa</i>)	86,25 a	23,75 abc	62,50
Portuguesa 7 (<i>O. sativa</i>)	92,50 a	22,50 abc	70,00
Portuguesa 8 (<i>O. sativa</i>)	81,25 ab	36,25 a	45,00
Portuguesa 9 (<i>O. sativa</i>)	95 a	25,00 abc	70,00
Barinas 10 (<i>O. rufipogon</i>)	72,50 ab	33,75 ab	38,75
Barinas 11 (<i>O. rufipogon</i>)	81,25 ab	11,25 abc	70,00
Barinas 12 (<i>O. sativa</i>)	70,00 ab	13,75 abc	56,25
Guárico 13 (<i>O. sativa</i>)	67,50 ab	13,75 abc	53,75
Guárico 14 (<i>O. sativa</i>)	78,75 ab	21,25 abc	57,5
Guárico 15 (<i>O. rufipogon</i>)	46,50 b	3,75 bc	42,75
CV (%)	19,87	19,78	

*Promedio en columnas con letras iguales no difieren estadísticamente al 5% según la prueba de Tukey. CV: coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

- Las semillas de las poblaciones de AR, manejadas bajo condiciones de invernadero, mostraron variabilidad en el tiempo de ruptura natural de latencia, este lapso osciló entre 42 y 70 DDC. Sin embargo, casi la mitad de los AR evaluados germinaron en más de un 80% a los 56 DDC. Así mismo, dos poblaciones de *O. rufipogon*, Barinas 10 y Barinas 12, alcanzaron la ruptura de latencia a más de 63 DDC.
- El enterramiento de las semillas de las poblaciones de AR y *O. rufipogon*, les indujo latencia secundaria y en mayor grado a Cojedes 3, Portuguesa 7, Portuguesa 9 y Barinas 10.
- Las semillas de la población de *O. latifolia* no germinaron ni emergieron en las pruebas realizadas lo que podría indicar que sus semillas poseen una fuerte latencia que escapó al lapso de desarrollo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Baskin, J. and C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14:1-6.
- Berrie, A. 1984. Germination and dormancy. **In:** Malcolm. B. Wilkins (ed.) *Advanced plant physiology*. Pitman Press, Marshfield, MA. 440-462 p.
- Buhler, D., R. Hartzler and F. Forcella. 1997. Implications of weed seed bank dynamics to weed management. *Weed Science* 45(3):329-336.
- Cohn, M., D. Butera and J. Hughes. 1983. Seed dormancy in red rice III. Response to nitrite, nitrate, and ammonium ions. *Plant Physiol.* 73:381-384.
- Cohn, M., L. Chiles, J. Hughes and K. Boullion. 1987. Seed dormancy in red rice VI. Monocaoxylic acids: a new class of pH-dependent germination

- stimulants. *Plant Physiol.* 84:716-719.
- Cohn, M and D. Butera. 1982. Seed dormancy in red rice (*Oryza sativa*). II. Response to cytokinins. *Weed Sci* 30: 200-205
- Chung, N. and N. Paek. 2003. SEED Photoblastism and Ecophysiology of Seed Germination in Weedy Rice. *Agronomy Journal* 95:184-190 p.
- Delgado, M. 2000. Evaluación de la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de algunas variedades de arroz (*Oryza sativa* L) en dos épocas de siembra. Trabajo de Grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 131 p.
- Delgado, M. y A. Ortiz. 2001. Evaluación de la ruptura de la latencia de 4 poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa* L.). **In:** XI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). Maracaibo. Estado Zulia. Venezuela. 135 p.
- Footitt, S. and M. Cohn. 1992. Seed dormancy in red rice. VIII. Embryo acidification during dormancy breaking and germination. *Plant Physiology* 100: 1196-1202.
- Frantz, J. and B. Bugbee. 2002. Anaerobic conditions improve germination of a gibberellic acid deficient rice. *Crops Science* 42:651-654.
- Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de las especies del complejo de malezas de arroz rojo de las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Tesis de Pregrado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 108 p.
- Godoy, G., J. Vega y A. Pitty 1995. El tipo de labranza afecta la flora y la distribución vertical del banco de semilla de maleza. *Ceiba*. 36 (2):217-229.
- Grundy, A., A. Mead and W. Bond. 1996. Modelling the effect of weed-seed distribution in the soil profile on seedling emergence, *Weed Res.* 36:375-384.
- Hilhorst, H. 1990. Dose-response analysis of factors involved in germination and secondary dormancy of seeds of *Sisymbrium officinale*. I. Phytochrome. *Plant Physiology* 94:1 090-1 095.
- Hilhorst, H. 1995 A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. *Seed Science Research* 5:61-73.
- Hilhorst, H. and M. Cohn. 2000. Are cellular membranes involved in the control of seed dormancy?. **In:** Viémont, J.-D.; Crabbé, J. (Eds) *Dormancy in plants: From whole plant behavior to cellular control*. Wallingford, CABI Publishing. 275-289 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1993. International rules for seed testing. *Seed Science and Tecnology*. 21 p.
- Krochko, J., G. Abrams, M. Loewen, S. Abrams and A. Cutler. 1998. (+) - abscisic acid 8'-hydroxylase is a cytochrome P450 monooxygenase. *Plant Physiology* 118:849-860.
- Montealegre, F. y J. Clavijo. 1994. Efectos ambientales y genéticos en la germinación y dormancia de los arcesos rojos. *COMALFI*. 21:2 20-26 p.
- Noldin, J. 1995. Characterization, seed longevity, and herbicide sensitivity of red rice (*Oryza sativa* L) ecotypes, and red rice control in soybeans [*Glycine max* (L) Merr], PhD Dissertation, Texas A&M University. 218 pp.
- Ortiz, A. 1997. Caracterización morfológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades en Venezuela. Tesis post-grado en Agronomía. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 18 p.
- Ortiz, A. y T. Budowski. 1998. Estudio preliminar de la incidencia de arroz rojo y otras malezas en el arrozal venezolano. *Revista de la Fundación Danac para la investigación agrícola*. 3:1-16
- Ortiz-Domínguez, A., L. López y J. Lizaso. 1999. Desarrollo y caracterización morfológica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. *Agronomía Trop.* 49(1):51-57.
- Ortiz, A., L. López y J. Lizaso. 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. Agro.*

(Maracay) 26:39-51.

Pareja, M. R., D. W. Staniforth y G. P. Pareja. 1985. Distribution of weed seed among soil structural voids. *Weed Sci.* 33:182-189 p.

Roberts, E. 1962. Dormancy in Rice Seed III. The influence of temperature, moisture, and gaseous environment. *Journal of Experimental Botany* 13(37):75-94.

Roberts, E. 1963. An investigation of inter-varietal differences in dormancy and viability of rice seed. *Ann. of Bot.* 27:365-368.

Roberts, E. 1965. Dormancy in rice seed IV: Varietal responses to storage and germination temperatures. *J. Exp. Bot.* 47:341-349.

Roberts H and P. Feast. 1972. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil, *Weed Res.* 12:316-324.

Staricka, J., P. Burford, R. Allmaras and W. Nelson. 1990. Tracing the vertical distribution of simulated shattered seeds as related to tillage. *Agron. J.* 82:1 131-1 134.

Tortterdell, S. and E. Roberts. 1979. Effects of low temperature on the loss of innate dormancy and the development of induced dormancy in seed of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus*. *L. Plant, Cell and Environment* 2: 131-137.

Yenish, J. P., J. D. Doll and D. Buhler. 1992. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Sci.* 40:429-433.

Vaughan, D. and 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 [Consulta: 2006, abril 17].

Vidotto F and A. Ferrero. 2000. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. *Agronomie* 20:375-382.

NOTA TÉCNICA

DAÑOS POR *Melanagromyza tomaterae*, MOSCA BARRENADORA DEL TALLO DEL TOMATE, EN TRUJILLO, VENEZUELA

DAMAGES BY *Melanagromyza tomaterae*, FLY DRILL OF THE STEM OF THE TOMATO, IN TRUJILLO, VENEZUELA

Rafael Montilla*, Luis Lacruz*, Darío Durán*, Alexis Medina* y Fidel Ramos**

*Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Experimental Trujillo. Unidad de Diagnóstico Fitosanitario. Venezuela. E-mail: rmontilla@inia.gob.ve

**Investigador. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Departamento de Protección Vegetal. Unidad de Diagnóstico Fitosanitario. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RESUMEN

Con el objeto de determinar el agente causal de daño en tallos de tomate, *Lycopersicum esculentum* Mill., se procedió a analizar muestras vegetales consignadas por productores a la Unidad de Diagnóstico Fitosanitario del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Trujillo, así como también las provenientes de muestreos realizados por el personal técnico del INIA en varias zonas productoras del estado; adicionalmente se colectaron plantas malezas con síntomas de daño aledañas a las áreas cultivadas. Las larvas y pupas extraídas del material vegetal fueron colocadas en cámaras de cría y emergencia, respectivamente para su observación y obtención de adultos. Tanto las larvas como los adultos obtenidos fueron identificados a través de claves taxonómicas y por comparación con ejemplares resguardados en el Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA) de la Universidad Central de Venezuela y el Museo de Interés Agrícola del INIA. Se registra la presencia de *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Díptera: Agromyzidae) barrenador del tallo del tomate. De la cría se obtuvo un Pteromalidae (posiblemente *Syntomopus* sp.) y un Figitidae: Eucoilinae: *Tribliographa brasiliensis* Ihering, considerado este último nuevo estudio. Las malezas identificadas fueron *Hyptis suaveolens* L. (Lamiaceae), *Amaranthus spinosus* L. (Amaranthaceae) y *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), todas nuevos registros de asociación con la mosca. Se ofrece breve información y fotografías sobre el daño.

Palabras Clave: *Melanagromyza tomaterae*; *Lycopersicum esculentum*; parasitoides; malezas; Trujillo; Venezuela.

RECIBIDO: octubre 11, 2006

SUMMARY

To identify the causal agent of damage in stems of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.), there were analyzed vegetal samples brought in by producers to the Unit of Fitosanitary Diagnosis of the Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) in Trujillo, and samples took by technician of the INIA in different areas of the state where tomato is grown. In addition also weeds with symptoms of damage bordering the cultivated areas were collected. Larvae and pupas obtained of the vegetal samples were placed in chambers of young and emergency to be observed, and to obtaining their adults. The larvae and adults were identified through taxonomic keys, and by comparison with specimens of the Museum of the Institute of Zoology Agrícola (MIZA) of the Central University of Venezuela, and of the Museum of Agricultural Interest of the INIA. The presence of *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Díptera: Agromyzidae) a stem borer of the tomato is registered. From the young a Pteromalidae (probably *Syntomopus* sp.) and a Figitidae: Eucoilinae (*Tribliographa brasiliensis* Ihering) were obtained. This last was considered as a new report. The weeds were identified as *Hyptis suaveolens* L. (Lamiaceae), *Amaranthus spinosus* L. (Amaranthaceae) and *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), all of them are new registries of association with the fly. A brief information and photographs on the damage is shown in this report.

Key Words: *Melanagromyza tomaterae*; *Lycopersicum esculentum*; parasitoids; weeds; Trujillo; Venezuela.

APROBADO: marzo 27, 2007

INTRODUCCIÓN

El género *Melanagromyza*, Díptera: Agromyzidae, comprende un grupo de moscas señaladas como plagas de importancia agrícola en varios cultivos a nivel mundial, sus larvas se han encontrado barriendo tallos y ramas de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill (IICA-BID-PROCIANDINO, 1992; Bautista y Morales, 2000; Morales *et al.*, 2002), y en leguminosas causan perforaciones en vainas y galerías en granos (Talekar, 1989; IICA-BID-PROCIANDINO, 1990; Van Den Berg *et al.*, 1998; Shanower *et al.*, 1999; Minja *et al.*, 1999).

El daño causado por la fase larval puede causar la pérdida total del cultivo. Van Den Berg *et al.* (1998) refiere que, el daño por *M. sojae* Zehntner puede alcanzar hasta un 80% y las aplicaciones de insecticidas no influyen en el nivel de infestación, señalando además que ataques tempranos al cultivo están asociados con el decrecimiento en el número de semillas por planta, grosor del tallo y altura de planta en leguminosas, no así en etapas avanzadas del cultivo, pudiendo soportar y producir ante la presencia de la plaga. En este sentido, Talekar (1989) añade que *M. sojae* afecta el contenido celular de la hoja, el número de hojas por planta, la presencia y peso de los nódulos del *Rhizobium* sp., señalando la reducción en el área foliar y la acumulación de materia seca, como el principal factor que afecta el rendimiento de la semilla, causada por esta especie de mosca.

Las pérdidas pueden ser variables y están en función de la dinámica poblacional de la mosca, el rango de hospederos, condiciones agro climáticas, manejo del cultivo, entre otros factores. Según Shanower *et al.* (1999), el daño producido *M. obtusa* Malloch puede alcanzar un 90% en cultivos mal manejados, y que esta mosca puede poner aproximadamente 80 huevos de manera individual, en cada vaina de una planta leguminosa, y los estados inmaduros pueden durar en campo varios días (huevos: 3-5 días, larva: 6-11 d, pupa: 9-23 d y el adulto 6-12 d). En México, Bautista y Morales (2000) señalan a *M. virens* Loew y *M. tomaterae* atacando tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), evidenciado por abundante ramificación y reducción del crecimiento.

En Venezuela es escasa la información que se tiene sobre las especies de *Melanagromyza*; sin embargo, Spencer (1973) realizó un trabajo bien importante,

sobre la identificación de las especies de Agromyzidae presentes en el país, con datos de distribución y de plantas hospederas. En este trabajo, el autor describió 20 especies de *Melanagromyza*, dentro de las cuales *M. tomaterae* es registrada de Sanare, estado Lara, encontrada sobre tomate, constituyéndose en el primer trabajo de esta especie para nuestro país.

Luego, Briceño (1985) registra la presencia de *M. tomaterae* en los estados Táchira y Mérida. Posteriormente Havránek (1987) indica que esta mosca, se encuentra bajo un amplio rango de condiciones climáticas, desde áreas muy secas hasta muy húmedas, entre 800 m hasta los 1 800 m de altitud y como planta hospedera señala a la pira o bledo *Amaranthus dubius* L. (Amaranthaceae).

Es importante destacar, que la presencia de *M. tomaterae* esta asociada al ataque de varios hongos fitopatógenos, como son *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Alternaria* sp., y *Rhizoctonia* sp., la entrada y actividad fitofágica de este insecto favorece la penetración e infección con estos hongos (Spencer, 1973; Havránek, 1987; Bautista y Morales, 2000; Morales *et al.*, 2002).

El ataque se evidencia en los inicios de la floración y se reconoce por clorosis y muerte de las hojas intermedias y bajas, además de pudrición interna del tallo. Las ramas comienzan con un amarillamiento que avanza regresivamente hacia el tallo (Figura 1). Externamente la epidermis de los tallos presentan lunares o círculos necróticos, de color plateado cuando están nuevos y marrón claro cuando están más viejos (Figura 2), en los que se encuentran en la mayoría de los casos pupas (Figuras 3 y 4). Esto sugiere que las larvas para pasar al estado adulto se alimentan del xilema hasta llegar a la epidermis del tallo, formando una ventana de salida de los adultos de la mosca. Estos lunares necróticos se localizan en varios sitios de la planta, especialmente en el tallo principal, y en ocasiones en las ramas laterales o partes terminales del tallo.

Dentro del tallo se pueden encontrar pupas y diferentes estadios de larvas de la mosca, las cuales al alimentarse del xilema, inician su ataque en varios sectores de la planta, destruyendo progresivamente los tejidos conductores; dicha acción permite la entrada de patógenos que contribuyen al deterioro

de los tejidos. Además del amarillamiento regresivo, los síntomas del ataque se evidencian externamente por la muerte de las hojas compuestas, presencia de frutos pequeños y tristeza generalizada de la planta (Figura 1).

El control de *Melanagromyza* es difícil, debido al hábito críptico de las especies, además la falta de conocimiento sobre sus niveles de infestación, mortalidad natural y la relación entre el daño al cultivo y el rendimiento, limitan la posibilidad de establecer estrategias de manejo (Van Den Berg *et al.*, 1998), por lo que las medidas se orientan sobre un buen control de malezas y la eliminación de restos de cosecha.

El presente trabajo se realizó con el objeto de determinar el agente causal de daño, observado en muestras de tomate llevadas a la Unidad de Diagnóstico Fitosanitario del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Trujillo, por productores de diferentes zonas, así como de muestras tomadas por personal técnico de la unidad mencionada.

MATERIALES Y MÉTODOS

En noviembre de 2005 fue consignada una muestra de plantas de tomate a la Unidad de Diagnóstico Fitosanitario del INIA Trujillo, proveniente del sector agrícola Lomas de Piedras Negras, municipio Trujillo, estado Trujillo. La muestra provenía de un cultivo que se encontraba en inicio del proceso de producción. Cabe destacar que, con anterioridad se tenían registros de muestras de plantas de tomate que presentaban los mismos síntomas de ataque, provenientes de otras localidades productoras del cultivo del estado Trujillo y de diferentes pisos altitudinales.

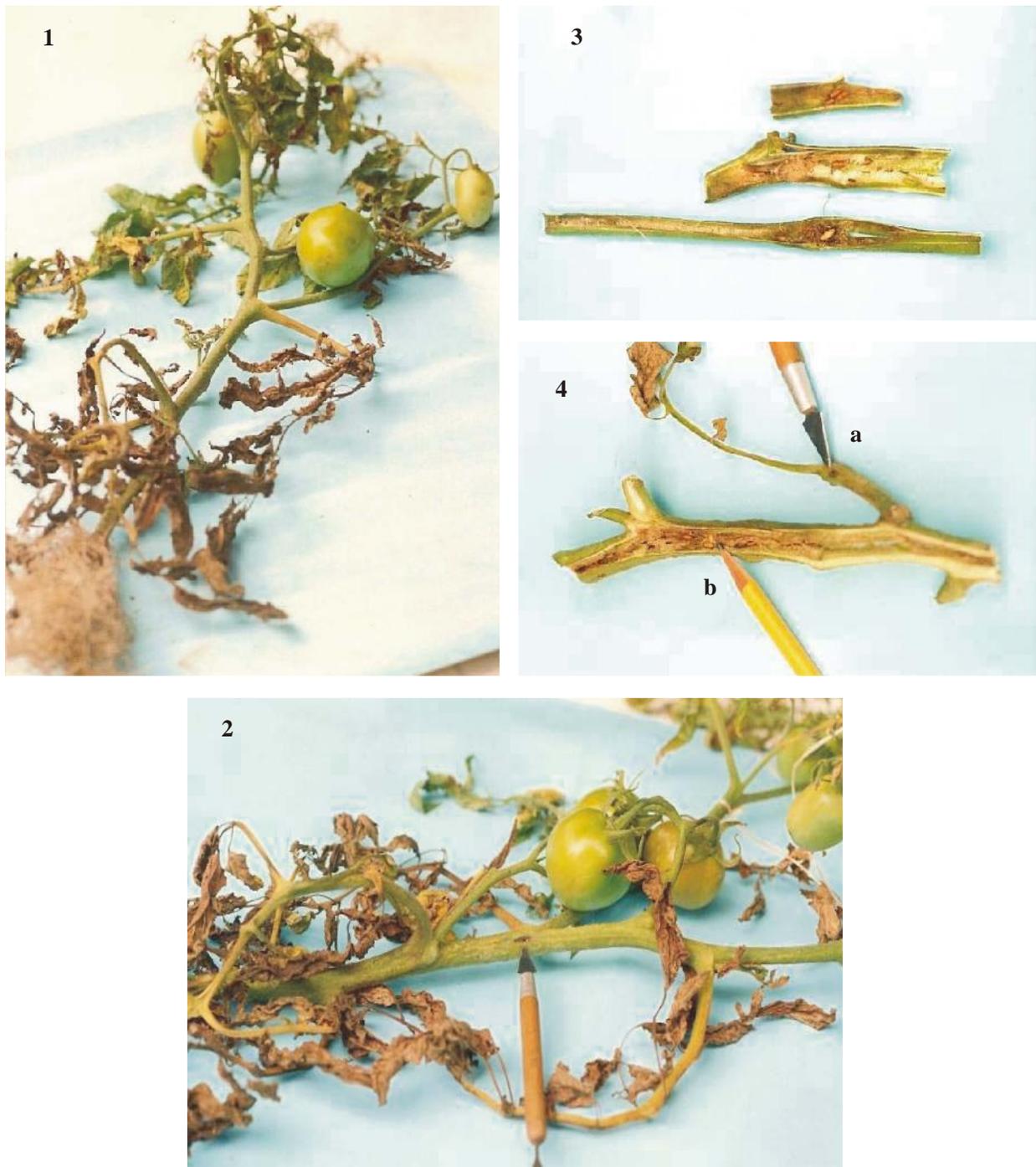
Ese mismo mes, se traslada una comisión de técnicos de la unidad ejecutora INIA-Trujillo, al sector mencionado y luego a otros sectores (Las Parchas, Los Llanitos) del municipio Trujillo, que por registro se tenía conocimiento de un ataque similar, esto con la finalidad de coleccionar en ambas zonas material vegetal del cultivo y de malezas aledañas con síntomas del daño provocado por la plaga, dicho material fue llevado al laboratorio y revisado para su diagnóstico.

El material colectado fue disectado y las larvas que no habían alcanzado el estado de pupa, fueron dejadas en plantas de tomate traídas del campo, para que alcanzaran dicha fase, colocándolas en cámaras de cría. Las pupas colectadas en la muestra vegetal y las provenientes de la cámara de cría, fueron colocadas en cámaras para la emergencia. Dichas cámaras estaban conformadas por envases plásticos transparentes de 250 cc, con tapa con un orificio de 3 cm de diámetro y cubierto con tela "dopiobello" para la aireación, contentivo de aserrín esterilizado, el cual era humedecido con agua esterilizada cuando la ocasión lo ameritara. Los adultos de la mosca y de los parasitoides, fueron colectados y preservados en alcohol al 70% y posteriormente montados.

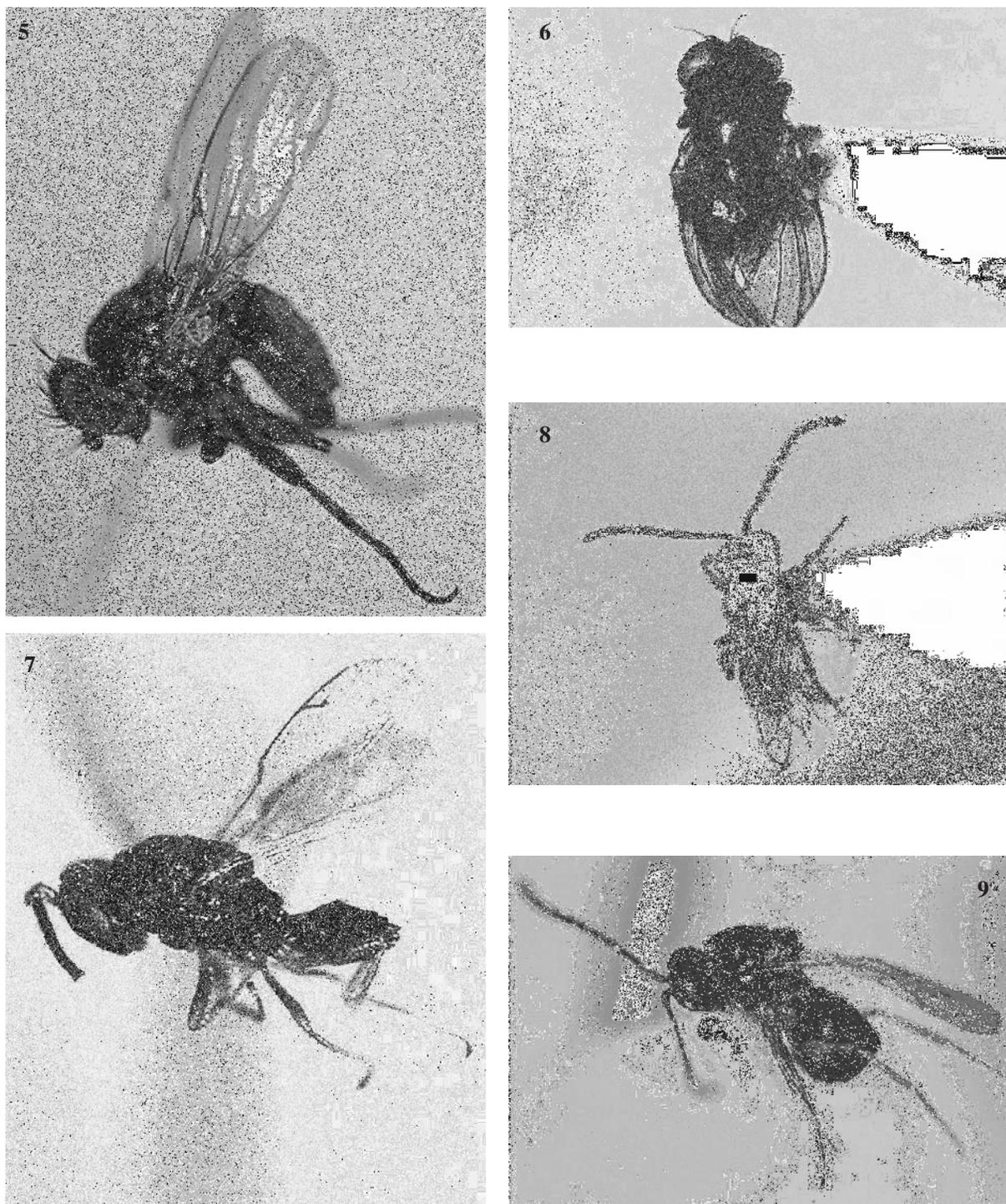
Para la identificación de las larvas de la mosca se utilizó la clave de inmaduros de Bastidas (1994), los adultos fueron identificados por la clave de dípteros de Bastidas y Zavala (1995) hasta familia y la especie con la clave de Spencer (1973) y por comparación con ejemplares resguardados en el Museo de Interés Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) y el Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA) de la Universidad Central de Venezuela (UCV), ambos en Maracay, estado Aragua, Venezuela. Para la identificación de las malezas se utilizaron los trabajos de Pacheco y Pérez (1989) y de Schnee (1984). Se realizó un registro sobre la distribución de la mosca en el estado, basado en las muestras consignadas a la Unidad de Diagnóstico Fitosanitario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mosca fue identificada como *Melanagromyza tomatarae* (Díptera: Agromyzidae) como lo muestran las Figuras 1 y 2. Los parasitoides encontrados pertenecen a la familia Pteromalidae y Figitidae (Hymenoptera). El Pteromalidae encontrado posiblemente se trate del parasitoide *Syntomopus* sp. (Micogasterine) como se observa en las Figuras 5, 6, 7 señalado por Havránek (1987). El Figitidae, *Tribliographa brasiliensis* Ihering (Figuras 8 y 9), se constituye como el primer registro de parasitoide de esta familia sobre la mosca en Venezuela, dicho parasitoide fue observado por Boscán y Godoy (1995) atacando moscas de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis* (Tephritidae).



FIGURAS 1 al 4. Daños por *Melanagromyza tomaterae* en planta de tomate. 1) Planta de tomate con síntomas de amarillamiento y muerte regresiva de sus hojas y ramas. 2) Planta mostrando externamente ventana de salida *M. tomaterae*. 3) Sección de tallo mostrando pupas de diferentes edades de *M. tomaterae*. 4) Sección de tallo mostrando internamente ventana de salida *M. tomaterae* (a) y pupa de pocos días de edad (b).



FIGURAS 5 al 9. 5) Vista lateral de *M. tomatarae*. 6) Vista dorsal de *M. tomatarae*. 7) Vista lateral de Pteromalidae (posiblemente *Syntomopus* sp.). 8) Vista dorsal *Tribliographa brasiliensis* (Figitidae). 9) Vista lateral *Tribliographa brasiliensis* (Figitidae).

Las malezas fueron identificadas como mastranto *Hyptis suaveolens* L. (Lamiaceae), pira brava o bledo *Amaranthus spinosus* L. (Amaranthaceae) y amor seco *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), esta última maleza nombrada fue estudiada por Spencer (1973), como planta hospedera de *Melanagromyza*, pero no asociada a ninguna de sus especies, por lo que se considera que las tres malezas señaladas, constituyen nuevos registros de especies de plantas hospederas de la mosca en Venezuela.

El ataque de la mosca se inicia aparentemente entre la etapa de semillero y de floración del cultivo, cuando el tallo está aun tierno, manifestándose luego con el inicio de la floración y fructificación de la planta del tomate. Permitiendo al productor realizar una sola cosecha, debido que al avanzar las larvas hacia los puntos terminales de la planta, esta tiende a debilitarse y finalmente muere.

Por la forma del ataque, el control de dicha mosca se hace difícil, ya que se localiza dentro del tallo. Por ello se considera que su presencia y alta infestación en cultivos comerciales del tomate es ocasional y que sus altos niveles de daño se ve favorecida por la alta frecuencia de aplicaciones de insecticidas altamente tóxicos y en dosis cada vez mayores, sin efecto alguno sobre la plaga, causando grandes pérdidas económicas y contaminación ambiental.

La distribución de la mosca puede deberse a la costumbre que tienen los productores de comprar la semilla-plántula en semilleros de dudosa calidad fitosanitaria, principalmente en las zonas de Monay, estado Trujillo, y en Quibor, estado Lara. Actualmente se encuentra en las zonas de San Lázaro, Las Parchas, Los Llanitos y Lomas de Piedras Negras (municipio Trujillo), Carache (municipio Carache); Monay (municipio Pampán), km 17, vía La Ceiba (municipio La Ceiba), con alturas sobre el nivel del mar que van desde los 50 m a los 1 600 m.

Es de acotar, que debido a la poca información sobre la ecobiología en las condiciones agroclimáticas de Venezuela de *Melanagromyza*, las recomendaciones sobre su control giran sobre aplicaciones preventivas con entomopatógenos o insecticidas sistémicos de baja toxicidad (con el fin de preservar la fauna benéfica), así como de un buen control de malezas,

eliminación de restos de cosecha, preparación de los semilleros para la obtención de plántulas sanas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bastidas, R. 1994. Las larvas de los insectos. Una guía para su identificación a nivel de familia. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Programa de Ingeniería Agronómica. Coro, Falcón, Ven. 146 p.
- Bastidas, R. y Y. Zavala. 1995. Principios de entomología, una guía para su estudio. Ediciones Sol de Barro. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). Santa Ana de Coro, Falcón. Venezuela. 398 p.
- Bautista, N. y O. Morales. 2000. *Melanagromyza tomatae* Steyskal (Díptera: Agromyzidae) plaga del tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.) en México. Folia Entomol. Mex. 110:129-130.
- Boscán de M., N y F. Godoy. 1995. Nuevos parasitoides de moscas de las frutas de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitidis* en Venezuela. Agronomía Tropical 46(4):465-471.
- Briceño, A. 1985. Contribución al conocimiento de insectos de importancia agrícola de los andes. Trabajo de ascenso (Titular). Universidad de los Andes (ULA). Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Mérida, Venezuela. 202 p.
- Havránek, D. 1987. *Melanagromyza tomatae* (Díptera: Agromyzidae) a tomato pest in the states of Táchira and Mérida, Venezuela. Florida Entomologist, 70(2):294-295.
- IICA-BID-PROCIANDINO. 1990. Boletín técnico Nº 5. Estudio, identificación y control de las principales enfermedades y plagas de haba (*Vicia faba* L.) en la subregión andina. Quito, Ecuador. 17 p.
- IICA-BID-PROCIANDINO. 1992. Boletín técnico Nº 7. Insectos dañinos a los cultivos andinos. Edición PROCIANDINO. Quito, Ecuador. 69 p.

- Minja, E., T. Shanower, J. Songa, J. Ongaro, W. Kawongu, P. Muiha, F. Myaka, S. Slumpa, H. Okurut-akol and C. Opiyo. 1999. Studies of pigeoepa insects pests and their management in Kenya, Malawi, Tanzania and Uganda. *African Crops Science Journal*, 7(1):56-57. On line: www.bioline.org.br. 07/08/2006.
- Morales, O., N. Bautista, J. Valdez y J. Carrillo. 2002. Identificación, biología y descripción de *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Díptera: Agromyzidae), barrenador del tomate *Physalis ixocarpa* Brot. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 86:145-153.
- Pacheco, J. J. y L. Pérez. 1989. Malezas de Venezuela. Aspectos botánicos, ecológicos y formas de combate. Primera Edición. San Cristóbal, Ven. 344 p.
- Schnee, L. 1984. Plantas comunes de Venezuela. Tercera edición. Caracas: Universidad Central de Venezuela (UCV). Ediciones de la biblioteca. 822 p.
- Shanower, T., J. Romeis and E. Minja. 1999. Insect pest of pigeonpea and their management. *Annu. Rev. Entomol.* 44:77-96.
- Spencer, K. 1973. The Agromyzidae (Díptera) of Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* VII(2):5-107.
- Talekar, N. 1989. Characteristics of *Melanagromyza sojae* (Díptera: Agromyzidae) damage in soybean. *Journal of Economic Entomology*, 82(2):584-588.
- Van Den Berg, H., B. Shepard and Nasikin. 1998. Response of soybean to attack by stemfly *Melanagromyza sojae* in farmers' fields in Indonesia. *Journal of Applied Ecology*, 35:514-522.

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 o disquette 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 2^{do} 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, porqué 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 asteriscos 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). Estas 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.

Instrucciones a los autores

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 nombre 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 ³ m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10 ⁻² m)	
milímetro,	mm (10 ⁻³ m)	
micra	m	

micromilímetro,	mm (10 ⁻⁶ m),	microm
nanómetro,	nm (10 ⁻⁹ m),	Angstrom
metro cuadrado,	m ²	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	m ³	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg (10 ⁻³ g)	
microgramo,	µg (10 ⁻⁶ g)	
nanogramo,	ng (10 ⁻⁹ g)	
kilogramo/hectárea,	kg ha ⁻¹	
toneladas/hectárea,	t ha ⁻¹	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	°C	
grado Joule,	J,	caloría
grado Kelvin	°K	
centimole por kilogramo,	c mol kg ⁻¹ ,	meq por 100g
gramo por kilogramo,	g kg ⁻¹	
miligramo por kilogramo,	mg kg ⁻¹ ,	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 quién 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.gob.ve, agrotropic@yahoo.com y mfernandez@inia.gob.ve.

Para suscripción

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.gob.ve, número telefónico 0243-2404779, Oficina de Distribución y Venta, Gerencia General del INIA.

Composición: Carmen Elena Solórzano
Montaje: Nury Castillo
Fotolito: Mario Pino
Impresión: Eliseo Silva y Wilmer Gallardo

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Noviembre 2007

