

INIA
Instituto Nacional
de Investigaciones
Agrícolas

Vol. 57, N° 4, 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 desarrollos: US\$ 100, incluyendo costos de envío
(Developed countries) (including shipping)

DIRECCIÓN

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

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° 4 / Octubre-Diciembre 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

Dra. Nelly Delgado
GERENTE GENERAL

Dr. Yván Gil
PRESIDENTE

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, Guiseppe 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 Solorzano
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 Hétier. ORSTOM. Francia
Eduardo Casanova. UCV. Fac. de Agronomía
Jorge Salas. INIA. CIAE Lara
Eva García. UCV. Fac. de Agronomía
Luis Avilán. INIA. CENIAP. Maracay
Guillermo H. Eyherabide. INIA. Argentina
Gloria I. Puerta. CINECAFÉ. Colombia
Jon Lizaso. Iowa State University
Gustavo Yépez. SYNGENIA. Guatemala
María L. Izaguirre. IVIC. Caracas
Inés Pino. Comisión Chile. Energía Nuclear

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

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

AGRONOMÍA TROPICAL

Vol. 57-2007

Octubre - Diciembre

Nº 4

ISSN 0002-192X

Depósito Legal pp 195102AR73

ÍNDICE

Artículos:	Pág.
CLÍMACO, A., E. PÉREZ y M. LARES. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua..... Physical-chemical characterization of fermented, dried and roasted cocoa beans cultivated in the region of Cuyagua, Aragua State.	249
REYES LÓPEZ, D., J. MOLINA GALÁN, J. A. MEJÍA CONTRERAS, J. de J. LÓPEZ REYNOSO, M. HUERTA LARA y A. PÉREZ COLMENAREZ. Efectos de aptitud combinatorio general y específica en relación con el número de ambientes de evaluación..... General and specific combining ability effects in relation to the number of environments of evaluation.	257
CASANOVA O., E. Efecto de rocas fosfóricas naturales y modificadas sobre la cantidad y calidad de pastos introducidos en Venezuela..... Effect of natural and modified phosphate rocks on quantity and quality of introduced pastures in Venezuela.	271
SALDAÑA, G. y E. G. SALAZAR. Aislamiento de ADN de calidad para la amplificación al azar de ADN polimórfico de mango..... Isilation of DNA suitable for the random amplification of polymorphic DNA of mango.	281
VIVAS, L. E., D. ASTUDILLO y L. CAMPOS. Evaluación de la eficacia del insecticida Etofenprox 10,9% para el control del insecto sogata en el cultivo de arroz, en Calabozo, estado Guárico, Venezuela.. Evaluation of the effectiveness of insecticide Etofenprox 10.9% for the control of the sogata insect in the culture of rice, in Calabozo, Guarico State, Venezuela.	287
MONTOYA, M., N. RODRÍGUEZ, I. PÉREZ-ALMEIDA, J. COVA y L. ALEMÁN. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas..... Morphological characterization of 13 rice venezuelan varieties.	299
MARTÍN, G. M., J. R. COSTA ROUWS, S. URQUIAGA y R. RIVERA. Rotación del abono verde <i>Canavalia ensiformis</i> con maíz y micorrizas arbusculares en un suelo Nitisol ródico éutrico de Cuba..... Crop rotation of <i>Canavalia ensiformis</i> green manure of maize and arbuscular mycorrhize in an eutric rodic Nitisol of Cuba.	313

Artículos:	Pág.
GARCÍA, A., y E. PACHECO-DELAHAYE. Efecto de la temperatura sobre la calidad postcosecha del apio llo..... Temperature effects upon the postharvest quality of the arracacha.	crio- 323

Índice Acumulativo

Instrucciones a los Autores

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE ALMENDRAS DE CACAO FERMENTADAS, SECAS Y TOSTADAS CULTIVADAS EN LA REGIÓN DE CUYAGUA, ESTADO ARAGUA

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF FERMENTED, DRIED AND ROASTED COCOA BEANS CULTIVATED IN THE REGION OF CUYAGUA, ARAGUA STATE

Clímaco Álvarez*; Evelina Pérez** y Mary C. Lares***

*Profesor. Ministerio del Poder Popular para la Educación y el Deporte. Escuela Técnica Industrial Julio Calcaño. **Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y ***Facultad de Medicina. Escuela de Nutrición y Dietética. Apartado de Correo 47097. Los Chaguaramos, Caracas-1041-A. Caracas, Venezuela.
E-mail: perezee@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad comparar las características físicas y químicas de almendras de cacao *Theobroma cacao* L., fermentadas, secas y tostadas en el laboratorio proveniente de 5 genotipos que forman parte de la colección 1995 del Banco de Germoplasma del INIA, con una muestra comercial también tostada en el laboratorio. Las muestras de las almendras previamente fermentadas y secadas al sol, se tostaron a 150 °C por 30 minutos en el laboratorio. La composición proximal y algunos índices químicos y parámetros físicos se determinaron según varias metodologías, también se determinó por HPCL el perfil de ácidos grasos de la manteca extraída de las almendras según el método de Folch. Todos los índices evaluados fueron comparados con una muestra comercial de cacao proveniente de la región de Cuyagua. Los resultados se analizaron estadísticamente con una prueba de ANOVA de una vía y la prueba *a posteriori* del rango múltiple de Duncan. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre los parámetros evaluados observándose que con excepción de la muestra MAR-4 el contenido de humedad es mayor en la muestra comercial. Así mismo, el contenido de proteína cruda es mayor y la fibra cruda es menor en todas las muestras de los genotipos evaluados comparado a la muestra comercial. Los otros parámetros tales como: contenido de ceniza, carbohidratos totales, azúcares totales, polifenoles, ácidos grasos saturados y los ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y oleico (C18:1) muestran diferencias significativas entre ellos sin una tendencia definida al compararlo con la muestra comercial.

Palabras Clave: Cacao; *Theobroma cacao* L.; Cuyagua; composición; perfil de ácidos grasos.

SUMMARY

The objective of this study was to compare the physical and chemical characteristics of cocoa beans fermented, dried and roasted at laboratory experimental conditions to one commercial sample and five varieties with different genotypes of the INIA collection. Samples of the beans obtained from mature fruits were fermented and sun dried at the plantation. The dried and fermented beans were roasted at 150 °C for 30 minutes at the laboratory. The proximal composition and some physical indexes were evaluated following methods. The fatty acids profile of the cocoa shortening isolated by means of the methodology described by Folch were also evaluated using HPCL. All of the parameters evaluated were compared with commercial samples from Cuyagua. The results were analyzed by one way ANOVA and a posteriori test of Duncan's multiple ranges. Statistical analysis showed differences among all of the parameters evaluated. It can be noted that with the exception of the sample MAR-4 the moisture content is higher in the commercial sample than in the other four samples. Crude protein content is higher and crude fiber content is lower in all of the samples than those of the commercial sample. The other parameters such as: ash, total carbohydrates and sugars, total polyphenol, saturated and unsaturated fatty acid contents showed statistical significant differences among them. A high level of saturated fatty acid and unsaturated fatty acids; such as, palmitic, stearic, and oleic acids was also observed.

Key Words: Cocoa; Cuyagua; proximate composition; fatty acids profile.

RECIBIDO: septiembre 06, 2004

ACEPTADO: julio 02, 2007

INTRODUCCIÓN

Las cualidades del cacao venezolano, *Theobroma cacao* L., catalogado desde la época colonial como uno de los mejores por su característico aroma y sabor excelente, han venido disminuyendo a través del tiempo debido a las mezclas con cacaos forasteros de baja calidad (Pinto, 2000) lo que provocó una sucesiva hibridación a través del tiempo, en muchas de las regiones cacaoteras del país (Goitía, 2000, Pachano, 2000, Motamayor *et al.*, 2000). Esta hibridación ha incidido en una pérdida de mercados y credibilidad en el ámbito internacional, debido a la heterogeneidad en los parámetros de calidad, que presenta el producto y a la incertidumbre de su origen, como consecuencia de la exportación de mezclas de cacaos de distintas calidades y zonas geográficas (Pinto, 2000).

Los cacaos Criollos tradicionales cultivados en Chuao, Choroní, Cuyagua, Ocumare y Paria, gozaron siempre de un enorme prestigio en los mercados mundiales debido a la dulzura de sus almendras claras, en contraste con el sabor amargo de las semillas color violeta de otras variedades (cacao forastero amargo) según Reyes y De Reyes (2000). Por su parte, Sánchez *et al.* (1996) señalaron que en las plantaciones de Chuao y de Cuyagua existe una alta heterogeneidad en la población de plantas de cacao, con predominio de materiales del tipo rústico que distan notablemente de lo que se supone el término "Criollo" (Braudeau, 1970; Wood y Lass, 1985). Sin embargo, en la zona persisten plantaciones de cacao que poseen un alto potencial aromático en sus almendras, lo que hace sugerir un origen común de plantas pioneras (ancestro común del tipo Criollo o finos aromáticos) que tendrían bondades sensoriales que los distinguen de otros cacaos procedentes de zonas cercanas y que le ha conferido una fama que ha superado fronteras en tiempo y espacio (Ciferri, 1949 citado por Sánchez *et al.*, 1996). Lo que ha determinado en los últimos años la calidad final de los granos de cacao son sus características físicas y su sabor.

Entre los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao por los fabricantes de chocolate, se encuentran aspectos físicos tales como, el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad. Los fabricantes de chocolate le dan enorme impor-

tancia y frecuentemente monitorean el sabor y la calidad del chocolate que fabrican, ya que estos parámetros afectan la demanda de los productos. Sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia son el resultado de los factores condicionantes de la calidad final de las almendras durante la postcosecha (fermentación y secado).

El tamaño de la almendra es importante porque puede afectar al rendimiento de grasa. Los fabricantes prefieren comprar almendras con porcentajes más bajo de cascarillas compatible con una adecuada protección de la almendra. Según el Manual de Productos Básicos (1991), los promedios de almendras en peso menores de uno suministran altos porcentajes de cascarillas con bajos niveles en el contenido de grasa.

Resulta evidente que la calidad aromática de un chocolate está relacionada con el origen de las almendras, con la fermentación y secado y con el proceso de tostado (Cross, 1997). El aroma del cacao está constituido por una fracción constitutiva, presente en la almendra fresca, de una fracción desarrollada durante la fermentación y secado y por último, por una fracción formada durante el tostado (Cross, 2000).

Con el propósito de definir y comparar los perfiles de calidad de los diferentes genotipos de cacao con una muestra comercial (mezcla varietal), el trabajo consistió en evaluar las características físicas y químicas de las almendras de cacao fermentados y secados artesanalmente en la región de Cuyagua y tostados en condiciones experimentales y controladas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tres lotes de 500 g de almendras de cacao fueron recolectadas de las mazorcas tomadas de la base del tallo de 5 plantas cultivadas en la zona de Cuyagua, tomados al azar y que forman parte Banco de Germoplasma del Fonaiap ahora INIA, ubicado en Ocumare de la Costa del estado Aragua (Colección 1995). Estos árboles fueron seleccionados con características deseables de producción, productividad y calidad intrínseca aparente. Para el establecimiento del ensayo se usó un diseño completamente aleatorizado con 3 observaciones y un arreglo unifactorial.

Las muestras se identificaron con un código y número que definen las iniciales del nombre del sector y la secuencia a la que corresponde en Cuyagua. Como se describe a continuación: Sector Mamey Roleao-4: CMR-4; Sector Mamey Roleao-5: CMR-5; Paso Remedio de Pobre-1: CRP-1; Paso Remedio de Pobre-2: CRP-2; Sector Paso Remedio: MCP-1. Las almendras frescas fueron recolectadas en el mismo día de cosecha y sometidas a las prácticas de beneficio (fermentación y secado al sol) de la región. Asimismo una muestra correspondiente a lotes comerciales fue recolectada de los sacos de almacenamiento que se comercializan en la región de Cuyagua, según Norma COVENIN N° 1339-95 (1995).

La muestra comercial es el resultado de la mezcla recolectada y seleccionada de todos los genotipos que se cosechan en la región. Las muestras de granos de cada genotipo y la comercial se envasaron herméticamente en frascos de vidrio y transportadas al laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Una vez en el laboratorio las muestras fueron tostadas a 150 °C por 30 minutos, se descascararon manualmente, pesaron y pulverizaron hasta obtener una granulometría de 60 mesh. Las muestras fueron pesadas antes y después de descascaradas con la finalidad de establecer el peso y porcentaje de la testa.

El contenido de humedad, cenizas, proteína cruda (%N x 6,25), grasa cruda, fibra cruda y pH se determinaron de acuerdo a los métodos descritos por el A.O.A.C.I. (2000). El contenido de azúcares totales fue determinado por el método espectrofotométrico de Nelson (1944). La determinación de polifenoles totales se realizó según el método espectrofotométrico de Price y Butler (1977). Los carbohidratos totales se calcularon por diferencia según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos Totales} = 100 (\% \text{ Proteína cruda} + \% \text{ Grasa cruda} + \% \text{ Ceniza})$$

Los parámetros de tipificación en relación a largo, ancho y espesor se realizaron tomando el promedio de las medidas de 100 almendras de cacao de cada muestra siguiendo las metodologías descritas por Stevenon *et al.* (1993).

La composición de ácidos grasos (ÁG) de los lípidos totales (Lt) de la manteca de cacao fue realizado según el método de Folch *et al.* (1957). La cuantificación de los ÁG de los Lt se realizó en un cromatógrafo de gases (CG) marca Hawlett Packard, modelo 5880-A, previa extracción de los Lt y preparación de los ésteres metílicos de los ÁG (COVENIN 2281; 1985 y por el método oficial de la AOACI, 2000).

El análisis estadístico de los resultados de los promedios de 3 repeticiones (n=3) en base seca se realizó por ANOVA de una vía según STATGRAPHICS versión 6,0 y la prueba *a posteriori* del rango múltiple de Duncan a un nivel de probabilidad de $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño resultan de suma importancia para la industria procesadora, ya que afecta la proporción de cáscara o testa (Pt), contenido de grasa y la efectividad del proceso de tostado (Powell, 1981; Manual de Productos Básicos, 1991).

Stevenson *et al.* (1993), establecieron una relación entre el peso promedio de la almendra de cacao sometida a fermentación y secado con su contenido de cáscara (CC). Estos autores concluyeron que almendras con pesos que varían desde 1,0 g a 1,5 g poseen un menor CC (entre el 10, 0% y el 11,7%) y aquellos granos con pesos comprendidos entre 0,5 g y 1,0 g poseen CC entre el 12,0% y el 13,8%. De Witt, en 1953 (citado por Hardy en 1961) también señaló una relación aproximada entre el peso del grano y el contenido de testa, siendo el Pt para los granos grandes de un 10% (con variaciones entre el 11% y el 12%); en los granos de menor tamaño y medianos rendirían porcentajes comprendido entre el 12% y el 16% de testa.

En el Cuadro 1, se observan diferencias estadísticamente significativas en los valores de peso y Pt entre los genotipos y la muestra comercial. Con respecto al peso; la muestra comercial mostró el menor valor (1,19 g) con el menor Pt (14, 81%) y las muestras restantes presentan la misma tendencia.

CUADRO 1. Propiedades físicas* de los granos curados y tostados de cacao de la región de Cuyagua.

Código del genotipo	Peso(g)	Largo(cm)	Ancho(cm)	Espesor (cm)	Testa(%)
MAR-4	1,20 ± 0,02ab	2,12 ± 0,01b	1,33 ± 0,02cd	0,84 ± 0,01a	15,00 ± 0,23a
CMR-5	1,42 ± 0,03c	2,31 ± 0,01d	1,31 ± 0,00bc	0,96 ± 0,00c	15,02 ± 0,62a
CRP-1	1,42 ± 0,01c	2,32 ± 0,00d	1,35 ± 0,00d	0,97 ± 0,01c	15,12 ± 0,20a
CRP-2	1,38 ± 0,02c	2,16 ± 0,01b	1,30 ± 0,02bc	1,00 ± 0,03d	14,92 ± 0,14a
MCP-1	1,24 ± 0,02b	2,06 ± 0,02a	1,28 ± 0,02a	0,95 ± 0,01c	14,81 ± 0,08a
Comercial	1,19 ± 0,05a	2,24 ± 0,07c	1,30 ± 0,03ab	0,86 ± 0,00b	14,81 ± 0,53a

*Los resultados se expresan como el promedio ± la desviación estándar de 100 determinaciones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Por lo que en este estudio, la relación inversa peso/% de testa, señalada por los autores antes mencionados; no se cumple. En el Cuadro 1, se observa que mientras los valores de peso del grano son mayores, estos mostraron más Pt. Estos parámetros son de suma importancia para la industria, ya que el tostado de los granos por encima de temperaturas de 100 °C durante tiempos comprendidos de 20 a 40 min produce cierta migración de la manteca a la cáscara generando pérdidas de ésta última al descartarse la cáscara o testa. El largo ancho y espesor mostraron ligeras diferencias entre los genotipos y también con la comercial.

En el Cuadro 2 se registran los valores del análisis proximal (expresado en base seca) de los diferentes genotipos de la región de Cuyagua. Se observan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en todos los parámetros evaluados entre los cinco genotipos y entre la muestra comercial.

El contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, conveniencia en empaque transporte y almacenamiento, también constituye un criterio de identidad (Bradley 2003). Con respecto al contenido de humedad, los valores están en un amplio rango de variabilidad comprendido entre 4,26 a 6,37%, para los genotipos y de 5,17% para la muestra comercial. Sin embargo con estos valores de humedad; los hacen ser considerados como productos seguros con prolongada vida de almacenamiento (Bradley 2003).

Así mismo, se observa la misma tendencia para las proteínas, cenizas, fibra cruda y azúcares totales

(expresados como glucosa), cuyos valores muestran un rango de variabilidad de 12,31 a 14,00%; 2,86 a 3,32%; 0,26 a 0,37% y 19,94 a 25,05%, respectivamente para los genotipos y de 11,32%; 3,29%; 0,42% y 23,79%, respectivamente para la muestra comercial. Como se observa, la muestra comercial tiene menor contenido de proteínas y mayor contenido de fibra cruda.

El contenido de carbohidratos totales calculados por diferencia, el cual incluye fibra y azúcares varía en de 26,68 a 30,08% en los 5 genotipo e incluyendo la comercial.

El contenido de polifenoles totales expresado como ácido tánico, oscila entre 0,03 a 0,36% en comparación al 0,11% encontrado en la muestra comercial. Además de su caracterización química es relevante señalar el aporte de estos fotoquímicos como antioxidantes. Se ha señalado el cacao dentro del grupo de alimentos rico en antioxidantes polifenólicos en los cuales prevalece flavanol, procianidinas, monómeros y oligómeros de epicatequinas (Ferrari y Torres, 2003).

El contenido de grasa cruda varió entre 54,61 a 56,07% para los diferentes genotipos y en la muestra comercial se observó un 56,01%. Estos valores concuerdan con los valores presentados para almendras descascaradas finas de aroma de diferentes orígenes, para los cuales se han encontrado rendimientos promedio en el porcentaje de grasa cruda de 53 a 56% dependiendo de la variedad (Manual de Productos Básicos, 1991).

CUADRO 2. Composición proximal* (g/100g, expresado en base seca) acompañados de polifenoles de los granos curados y tostados del cacao de la región de Cuyagua.

Código Genotipo	Humedad	Proteína cruda	Grasa cruda	Ceniza	Fibra cruda	Azúcares Totales ¹	Carbohidratos Totales ³	Polifenoles ²
MAR-4	6,37 ± 0,13d	14,00 ± 0,07c	56,00 ± 0,18d	3,32 ± 0,01d	0,37 ± 0,02c	19,94 ± 0,02c a	26,68	0,27 ± 0,03d
CMR-5	4,69 ± 0,11b	12,31 ± 0,09b	54,44 ± 0,11a	3,17 ± 0,02c	0,34 ± 0,02bc	25,05 ± 0,02c e	30,08	0,03 ± 0,00a
CRP-1	4,85 ± 0,25c	13,38 ± 0,04c	56,07 ± 0,14d	2,99 ± 0,01b	0,33 ± 0,03b	22,38 ± 0,02c b	27,56	0,03 ± 0,00a
CRP-2	4,31 ± 0,06a	13,52 ± 0,12c	54,61 ± 0,32a	3,16 ± 0,02c	0,30 ± 0,02b	24,01 ± 0,02c d	28,88	0,21 ± 0,02c
MCP-1	4,26 ± 0,10a	13,30 ± 0,29b	55,41 ± 0,0c	2,86 ± 0,06a	0,26 ± 0,03a	23,91 ± 0,02c c	28,43	0,36 ± 0,02e
Comercial	5,17 ± 0,50d	11,32 ± 1,02a	56,01 ± 0,37d	3,29 ± 0,22d	0,42 ± 0,11d	23,79 ± 0,02c c	29,38	0,11 ± 0,01a

*Los resultados se expresan como el promedio ± la desviación estándar de tres determinaciones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

¹Expresado como porcentaje de glucosa

²Expresado como porcentaje de ácido tánico.

³Carbohidratos Totales calculados por diferencia = 100 (% Proteína cruda + % Grasa cruda + % Ceniza).

La calidad aromática de un chocolate es una cualidad que está relacionada con el origen de las almendras, con el tratamiento post-cosecha de fermentación y secado y con el tratamiento de tostado (Cross, 1997). Los resultados de esta investigación permiten establecer un perfil de calidad en relación a la composición química, aporte nutricional y contenido de grasa de las almendras fermentadas, secas y tostadas de cacao de las variedades predominantes de la región de Cuyagua.

Las características físicas y químicas de la manteca de cacao son las responsables de las propiedades funcionales en los alimentos derivados, cuando es introducida en su formulación: textura suave, plasticidad, fácil liberación del sabor y olor, viscosidad e inigualable característica de fusión. La principal razón de su uso es por su inapreciable característica de fusión, lo cual se debe al tipo y posición de los ácidos grasos en la molécula de glicerina en la grasa de cacao que produce como resultado de una combinación compleja de puntos de fusión (Cook, 1972; Martin, 1987).

La temperatura de fusión de la manteca de cacao es un factor de suma importancia para la industria chocolatera, especialmente en confitería y en la fabricación de barras de chocolate, por otro lado, el punto

de fusión está íntimamente vinculado al grado de insaturación de sus ácidos grasos.

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de el contenido de ácidos grasos (ÁG) saturados e insaturados su relación y los perfiles de ÁG de las almendras fermentadas, seca y tostadas en el laboratorio de la región de Cuyagua. En el mismo cuadro se muestran diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de ÁGS e ÁGI, en todos los genotipos evaluados incluyendo la muestra comercial, los cuales variaron de 60,47 a 61,92% y de 37,04 a 38,73% para ÁGS e ÁGI, respectivamente. Sin embargo, a pesar de que en la muestra comercial se observa un mayor contenido de ÁGI y menor contenido de saturados, se demuestra que esta tiene menor contenido de ÁGI por unidad de AGS comparada a la otras muestras.

Las muestras de los genotipos revelan similar relación ÁGS a ÁGI, entre sí. En el Cuadro 3, también se presentan la relación del perfil de ÁG más representativos de la manteca, en donde se observa que hubo ligeras diferencias significativas en lo referente a los contenidos de ácido esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y palmítico (C16:0). Encontrándose en menor concentración el ácido linoleico (C18:2).

CUADRO 3. Perfil de ácidos grasos de la manteca extraída de los granos tostados de la región de Cuyagua.

Genotipo	Saturados	Insaturados	Relación Sat:Ins.	C16:0*	C18:0*	C18:1*	C18:2*	Otros*
MAR-4	61,35a	37,36a	1: 0,64	27,61a	33,74c	33,39c	3,97a	1,29c
CMR-5	61,59a	37,72a	1: 0,66	30,71c	30,88a	32,76b	4,96b	0,89a
CRP-1	61,61a	37,37a	1: 0,65	29,84b	31,77b	34,09d	3,28a	1,02b
CRP-2	61,02a	37,04a	1: 0,63	29,47b	31,55b	33,05c	3,99a	1,94d
MCP-1	61,92a	37,35a	1: 0,65	30,63c	31,29b	31,99a	5,36c	1,10b
Comercial	60,47a	38,73a	1: 0,56	29,83b	30,64a	33,53c	5,20c	0,80a

Los resultados se expresan como el promedio y la desviación estándar de tres determinaciones. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

C16:0 = ácido palmítico; C18:0 = ácido esteárico; C18:1 = ácido oleico; C18:2 = ácido linoleico.

Se observan diferencias en cuanto al contenido de C18:2 y otros ÁG, cuando se compara el promedio de los genotipos y la muestra comercial. Los ÁG de la manteca de cacao son monoinsaturados, por encontrarse un ÁGI esterificado en la posición sn-2 del glicerol (ácido oleico), siendo el resto de los sustituyentes ÁGS (palmítico y esteárico) los que esterifican las posiciones sn-1 y sn-3 del glicerol (Bruni *et al.*, 2000).

Aproximadamente el 70% de los triglicéridos de la manteca de cacao es una mezcla de ÁGS e ÁGI, predominando en su composición el ácido oleico, esteárico y palmítico, cuyas combinaciones de triglicéridos con características definidas en su punto de fusión (Chaiseri *et al.*, 1989; Bruni *et al.*, 2000). Según Sotelo *et al.* (1990) la composición individual de los ÁG de la manteca de cacao es de 39,0% de ácido oléico, 35,0% de ácido esteárico, 24,0% de ácido palmítico y 2,0% de ácido linoléico. Estos resultados son ligeramente diferentes a los encontrados en este estudio, siendo más notables la concentración de ácido linoléico, el cual en algunas muestras duplicó el valor señalado por estos autores.

CONCLUSIONES

- No se observan diferencias estadísticamente significativas en el Pt y relación de ÁGS a no saturados entre los genotipos estudiados, sin embargo, la muestra comercial mostró un menor valor de ÁGI por unidad de ÁGS.
- Al comparar la composición de los genotipos estudiados y la muestra comercial, las diferencias fueron significativas en el contenido de humedad, proteína cruda, grasa cruda, cenizas, fibra cruda, carbohidratos totales, polifenoles, ÁGS y los ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y oleico (C18:1).

BIBLIOGRAFÍA

Association of Official Analytical Chemists International (AOACI). 2000. Official Methods of Analysis of the A.O.A.C. I. Ed. K. Helrich, USA, Washington. XV edición.

Bradley, R. L. 2003. Moisture and Total Solids Analysis. In: Nielsen SS editor. Food Analysis. 3rd ed. Hardcover, USA:Springer. 119-40 p.

Braudeau, J. 1970. El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. 1^o Edic., Edit. Blume. Barcelona, España. 297 p.

Bruni, R., E. Bianchini, L. Betarello and G. Sacchetti. 2000. Lipid Composition of Wild Ecuatorian *Theobroma subincanum* Mart. Seeds and comparison with two varieties of *Theobroma cacao* L. J. Agric. Food Chem. 48:691-694.

Chaiseri S., D. H. Arruda, P. S. Dimick and G. A. Enríquez. 1989. Thermal characteristics and composition of fats from *Theobroma* species. Turrialba 39(4):468-472.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). No 2281-85. 1985. Aceites y Grasas Vegetales. Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases. Norma Venezolana, número 2281. Fondo Norma, Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) N^o 1339-95. 1995. Granos de Cacao Toma de Muestras. 1^{era} Revisión. Norma Venezolana, número 1339. Fondo Norma, Caracas, Venezuela.

Cook, L. R. 1972. Chocolate Production and Use, published by Books For Industry, Inc., New York, NY, 214 p.

Cros, E. 2000. Factores condicionantes de la calidad del cacao. **In:** Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, estado Aragua. 16-32 p.

Cros, E. and N. Jean- Jean. 1997. Formation de L'arome cacao. **In:** Cacao et chocolat production, utilisation caractéristiques. J. Tontillon, Paris Ed Tec& Doc. 188-206 p.

Ferrari, C. K. B. and E. A F. S. Torres. 2003. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. Biomedicine & Pharmacotherapy 57:251-260.

- Folch, J., M. Lees and G. A. Sloane. 1958. A simple methods for isolation and purification of total lipids from tissues. *J. Biol. Chem.* 266:497-509 p.
- Goitia, W. 2000. Incidencia de insectos plaga sobre diferentes clones de cacao y su relación con la presencia de hormigas. **In:** Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, estado Aragua. 247-250 p.
- Hardy, F. 1961. Manual del Cacao. IICA – Turrialba, Costa Rica. 436 p.
- Manual de Productos Básicos. 1991. Cacao Fino de Aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial. Centro de Comercio Interno UNCTAD/GATT, Ginebra., 60 p.
- Martin Jr., R. A. 1987. Chocolate. *Adv. Food Sci.* 31:211-342 p.
- Motamayor, J. C., A. M. Risterucci, V. Laurent, A. Moreno and C. Lanaud. 2000. The genetic diversity of Criollo cacao and its consequence in quality breeding. **In:** Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, estado Aragua. 33-52 p.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogy method for determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 25(6):1 268-1 272 p.
- Pachano, L. 2000. Crónicas de una experiencia exitosa en rehabilitación de los cacaotales sucrenses. **In:** Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, estado Aragua 318-320 p.
- Pinto, L. 2000. Calidad y certificación del cacao venezolano. **In:** Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, estado Aragua 318-320 p.
- Powell, B. D. 1981. Calidad de las almendras de cacao. Necesidades del fabricante. *El Cacaotero Colombiano.* 20:24-31 p.
- Price, L. M. and L. G. Butler. 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 25(6):1 268-1 272 p.
- Reyes, H. y C. L de Reyes. 2000. El cacao en Venezuela. Moderna Tecnología para su cultivo. Edit. Chocolates El Rey, Caracas, Venezuela. 270 p.
- Sánchez, H. P. A., G. J. Tortolero y E. Solórzano. 1996. Caracterización y establecimiento de un banco de germoplasma de cacao criollo en el litoral Aragueño. Informe Final. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental de Caucagua, Edo. Miranda. 53 p.
- Sotelo, A., B. Lucas, L. Garza and F. Giral. 1990. Characteristics and fatty acid content of the fat of seeds off nine wild Mexican plants. *J. Agric. Food Chem.* 38:1.503– 1.505.
- Stevenson, C., J. Corven y G. Villanueva. 1993. Manual para el Análisis de Cacao en el Laboratorio. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Red Regional de generación y Transferencia de Tecnología en Cacao. San José de Costa Rica. 66 p.
- Wood G, A. R. and R. A. Lass. 1985. Cocoa. 4ª Ed. Burnt – Mill, Harlow, Essex, UK; Longman – Group – Ltd. London. 620 p.

EFFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA EN RELACIÓN CON EL NÚMERO DE AMBIENTES DE EVALUACIÓN

GENERAL AND ESPECIFIC COMBINING ABILITY EFFECTS IN RELATION TO THE NUMBER OF ENVIRONMENTS OF EVALUATION

Delfino Reyes López*, José D. Molina Galán**, José Apolinar Mejía Contreras**, José de Jesús López Reynoso***, Manuel Huerta Lara* y Alberto Pérez Colmenarez****

* Profesores. Universidad Autónoma de Puebla. Teziutlan. Puebla. México. E- mail: delfino.reyes@fia.buap.mx.

** Investigadores. Colegio de Postgraduados. Texcoco. Montecillo. Edo. de México. E-Mail: jmolina@colpos.mx.

*** Profesor. Universidad Autónoma Chapingo. Dpto. de Fitotecnia Texcoco. Chapingo. Edo. de México.

**** Investigador. INIA. CIAE-Portuguesa. Venezuela. E-mail: alperez@inia.gob.ve.

RESUMEN

El trabajo se desarrolló tomando como base el rendimiento de las 45 cruzas simples posibles entre 10 líneas autofecundadas de maíz, *Zea mays* L., evaluadas en 5 ambientes. En Veracruz México, durante 1997 ciclo verano – otoño en dos localidades; en 1998, ciclo invierno – primavera y verano – otoño; 1999, ciclo invierno – primavera. El objetivo fue determinar la variación de los estimadores de los efectos de aptitud combinatoria general (g_i) de las 10 líneas y la específica (s_{ij}) de las 45 cruzas simples estimados en los análisis de un ambiente y la combinación de 2, 3 y 4 ambientes. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La variación de los estimadores de los efectos g_i de las líneas y s_{ij} de las 45 cruzas, disminuyó al aumentar el número de ambientes de evaluación; sin embargo, existieron líneas y cruzas que presentaron mínima varianza de los efectos aún en los análisis de un ambiente, lo cual permitió clasificar a dichas líneas y cruzas como las más estables ecológicamente. Por el contrario, aquellas líneas y cruzas que presentaron alta variación de los estimadores de los efectos g_i y s_{ij} aún en los análisis combinados de 3 y 4 ambientes, se consideraron como ecológicamente inestables. Se observó que aún en las líneas y cruzas más variables, la varianza de los efectos g_i y s_{ij} presentó los valores más bajos en los análisis combinados de 3 y 4 ambientes. Estos resultados muestran que los estimadores de parámetros genéticos son altamente sesgados cuando el material genético es evaluado en 1 ó 2 ambientes, y la evaluación en 3 ó 4 ambientes produce estimadores equivalentes a los de la evaluación en 5 ambientes.

Palabras Clave: Maíz; *Zea mays* L.; cruzas dialélicas; parámetros genéticos; número de ambientes.

SUMMARY

This work was carried out considering the yield of 45 possible single crosses among ten maize inbred lines evaluated in five environments. The evaluation was carried out in Veracruz México during 1997 cycle summer – fall in two places; in 1998, cycle winter – spring and summer – fall; 1999 cycle winter - spring. The objective of this work was to determine the variation of the estimates of the general (g_i) and specific (s_{ij}) combining ability effects estimated in the analysis of one environment and the analysis on the combination of 2, 3 and 4 environments. The 45 possible single crosses were evaluated in a completely randomized block design with four replications. The variation of the estimates of the g_i effects of the lines and the s_{ij} effects of the 45 crosses decreased as the number of environments increased. There were lines and crosses where the variances of the effects were the lowest even in the analysis of one environment. These materials were considered the most ecologically stables. On the other hand, there were lines and crosses where the variation of g_i and s_{ij} estimates was the highest even in the analysis of 3 or 4 environments; those materials were considered ecologically unstables. Even in the highest variable lines and crosses, the variances of g_i and s_{ij} estimates presented the lowest values in the combined analysis of 3 and 4 environments. These results show that estimates of genetics parameters are highly biased when the genetic materials are evaluated in 1 or 2 environments. The evaluation in 3 or 4 environments produced estimates equivalent to the evaluation in 5 environments.

Key Words: Maize; diallel crosses; genetic parameter; number of environments.

RECIBIDO: septiembre 10, 2006

ACEPTADO: julio 02, 2007

INTRODUCCIÓN

Decidir sobre el número de ambientes, sean estos localidades y/o años para la evaluación de materiales genéticos, es el problema más frecuente que encara el genetista, cuando tiene como objetivo estimar los parámetros genéticos de poblaciones vegetales, ya que el número de ambientes óptimos de evaluación están muy relacionados con la optimización de los recursos económicos destinados para esta actividad y con la veracidad de los resultados esperados. La estimación de efectos genéticos y de sus varianzas, libres de los efectos de interacción genotipo-ambiente, depende del número óptimo de repeticiones, localidades y años que deben usarse en la aplicación del diseño experimental bajo el cual se van a evaluar los materiales genéticos (Sahagún *et al.*, 1991; Sahagún, 1992 (a y b); Falconer, 1984; Molina, 1992).

Sprague y Federer (1951) usaron los componentes de varianza, del error de las interacciones años x localidades, localidades x variedades y variedades, de un diseño experimental donde se comparó el rendimiento de una serie de mestizos (línea x variedad), cruza simples y dobles de maíz, *Zea mays* L., evaluados en Iowa durante el período de 1940-1947. Los estimadores de los componentes de varianza se usaron para calcular el avance genético promedio, variando el número de variedades, repeticiones y años. El análisis de sus resultados sugirió que la óptima distribución de un número dado de parcelas sin considerar costos, sería una repetición por localidad, pero aumentando el número de localidades y años. Cuando se elevó el número de repeticiones, el costo por parcela disminuyó rápidamente, pero se incrementó al aumentar el número de localidades.

Horner y Frey (1957) usaron los datos del rendimiento de variedades de avena evaluadas en 9 localidades por 5 años, con el propósito de minimizar la interacción variedades x localidades; para este propósito, dividieron el estado de Iowa en 2, 3, 4 y 5 subregiones, y obtuvieron una reducción del componente de varianza de la interacción variedades x localidades de 11, 21, 30 y 40 por ciento en relación con su valor obtenido en todo el estado.

Miller *et al.* (1959) evaluaron 15 variedades de algodón en 9 localidades durante 3 años en Carolina del Norte. En relación con rendimiento, las interacciones variedades x localidades y variedades x años

resultaron muy pequeñas y estadísticamente no significativas, pero la interacción variedades x localidades x años resultó alta y estadísticamente significativa. Estos resultados indicaron que las variedades respondieron diferentemente en ambientes distintos. La falta de significancia de las interacciones de primer orden, sugirieron que nada se ganaría con dividir el estado en subareas, con fines de mejoramiento genético.

Jones *et al.* (1960) obtuvieron información sobre el comportamiento de variedades de tabaco en Carolina del Norte con datos obtenidos de 2 años, 5 localidades y 3 repeticiones, comparando la varianza de las medias de los tratamientos y variando la distribución del número de parcelas. Señalaron que los datos obtenidos en una sola localidad y en un solo año no son suficientes para evaluar una variedad, y que la estimación del número óptimo de repeticiones, localidades y años para obtener un buen estimador del potencial genético de variedades de tabaco, ha tenido poca atención. En sus estudios encontraron que la interacción variedades x ambientes fue pequeña y no significativa; sin embargo, la interacción variedades x localidades x años resultó altamente significativa, aunque de pequeña magnitud, comparada con el componente de variedades para la mayoría de los caracteres estudiados.

Miller *et al.* (1962), evaluaron 16 variedades de algodón en 11 localidades durante 3 años en la región comprendida entre Carolina del Norte y Texas. En relación con el rendimiento, la interacción variedades x localidades x años resultó grande y estadísticamente significativa. La interacción variedades x localidades aunque estadísticamente significativa, resultó pequeña y de menor magnitud que la interacción variedades x localidades x años. Un reanálisis de los datos indicó que tres localidades de Texas eran completamente diferentes a las demás, por lo que al excluirlas del análisis, la significancia de las interacciones desapareció. La interacción variedades x años resultó no significativa en el análisis de las 11 y en el de las 8 localidades. En las tres localidades de Texas excluidas, se encontró que se necesitaban de 10 a 12 ambientes de prueba para obtener un buen estimador de las medias varietales. Así mismo, se indicó que es más efectivo aumentar el número de ambientes de prueba, que aumentar el número de repeticiones por ambiente.

Hanson (1964) hizo estudios teóricos para determinar el sesgo que se comete cuando se analiza la interacción genotipo-ambiente sin distinguir entre años y localidades. Llegó a la conclusión de que las localidades y años tienen efectos similares sobre las respuestas genotípicas relativas; por lo que el investigador debe ser capaz de elegir los ambientes en forma aleatoria para no introducir sesgos en la estimación de componentes genéticos.

Liang *et al.* (1966) evaluaron en el estado de Kansas el rendimiento de 10 variedades de trigo de invierno en 13 localidades durante 3 años; 4 variedades de cebada de invierno en 10 localidades, y 5 variedades de avena de primavera en 5 localidades. La interacción variedades x años fue pequeña y no significativa, pero la interacción variedades x localidades x años resultó de considerable magnitud y altamente significativa; sin embargo, esta interacción no se usó para agrupar localidades sino más bien como término de error controlable por el número de localidades y años de prueba. La interacción variedades x localidades resultó significativa en trigo y cebada, indicando que el estado podría dividirse en subáreas. Se observó una reducción de la interacción variedades x localidades cuando se hizo un agrupamiento de localidades.

Campbell y Lafeuer (1997) usaron datos de 9 localidades y 3 años como base para examinar la selección de variedades y procedimientos de prueba en trigo de invierno. Los componentes de varianza de las interacciones cultivares x localidades, cultivares x años y cultivares x localidades x años, indicaron que la interacción de cultivares x ambientes es de considerable importancia en la determinación del rendimiento relativo de variedades. Usaron taxonomía numérica para agrupar localidades y examinar la similitud entre localidades. Sus resultados indicaron que los cultivares deben probarse por más de un año y que las pruebas por más de 3 años, resultaron de poco valor, especialmente cuando se aumentó el número de localidades.

Las herramientas para el análisis estadístico de series de experimentos aparecen en varias publicaciones: Yates (1938), Rojas (1958), McIntosh (1983), Sahagún (1992 a y b, 1993, 1994, 1998), Crossa (1992) y Van Eeuwijk (1995).

Como puede observarse, la información disponible relacionada con la asignación del número más apro-

piado de repeticiones, localidades y años para evaluar materiales genéticos, es muy variada; depende del tipo de cultivo y de las condiciones ambientales y económicas en las cuales fueron desarrollados los estudios; sin embargo, no se encontró información clara sobre el número óptimo de ambientes para la obtención de estimadores insesgados de efectos genéticos y de sus varianzas, en poblaciones vegetales y del maíz en particular, por lo que realizar trabajos de investigación relacionados con el número de ambientes óptimos para estimar los parámetros genéticos de poblaciones vegetales son de mucha importancia, ya que por un lado permitirá inferir el número de ambientes de evaluación con estimadores sesgados y por otro lado el número de ambientes que ya no son necesarios por presentar una disminución de la varianza de los estimadores.

El trabajo tuvo como base, la evaluación del rendimiento de las 45 cruza simples posibles entre 10 líneas autofecundadas de maíz, en 5 ambientes. El objetivo fue determinar la variación de los efectos g_i de aptitud combinatoria general (ACG) y los efectos s_{ij} de aptitud combinatoria específica (ACE), estimados a través de 5 ambientes, tomados de 1 en 1, 2 en 2, 3 en 3 y 4 en 4. Los estimadores obtenidos en las diferentes combinaciones de ambientes fueron comparados con los respectivos estimadores obtenidos en el análisis combinado de los 5 ambientes.

Se planteó como hipótesis que la varianza de los estimadores y la de su orden de posición disminuirá al aumentar el número de ambientes de evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético estuvo constituido por las 45 cruza simples posibles entre 10 líneas S_1 de alta ACG, cuya genealogía y características de planta se indican en el Cuadro 1. Las 10 líneas fueron seleccionadas en un programa de evaluación de mestizos (línea x variedad) en un solo ambiente (TPT-93B), y clasificadas como de alta ACG para rendimiento de grano.

Las 45 cruza simples posibles entre las 10 líneas, fueron evaluadas para rendimiento de mazorca por planta en 5 ambientes: TPT-97B (2 sitios), TPT-98A, TPT-98B, y TPT-99A, donde TPT son las siglas de

Tepetates (sede del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, México); A corresponde al ciclo de invierno-primavera y B al ciclo verano-otoño. Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 4,40 m conteniendo cada uno 12 puntos de dos plantas, con una separación de 80 cm entre surcos y 40 cm entre puntos. En la siembra se depositaron cuatro semillas por sitio y se aclaró a dos plantas por punto, quedando una parcela útil de 48 plantas. La variable analizada fue el rendimiento medio de mazorca por planta por parcela.

Las 10 líneas fueron consideradas como un grupo selecto de 10 líneas, a las cuales se les estimó el efecto g_i de ACG; así mismo, a las 45 cruza simples posibles se les estimó el efecto s_{ij} de ACE.

Los efectos g_i de las líneas y los efectos s_{ij} de las cruza, fueron estimados en cada uno de los 5 ambientes y en las combinaciones de 2, 3, 4 y 5 ambientes; es decir, se hicieron 5 análisis individuales de un ambiente, 10 análisis combinados de 2

ambientes, 10 análisis combinados de 3 ambientes, 5 análisis combinados de 4 ambientes y sólo un análisis combinado de 5 ambientes.

Los efectos g_i y s_{ij} , así como sus respectivas varianzas, se estimaron utilizando las fórmulas del diseño dialélico de Griffing (1956), método 4; a saber,

$$\hat{g}_i = [1/arp(p-2)][p X_i \dots - 2X \dots]$$

$$\hat{s}_{ij} = x_{ij}/ar - [1/(p-2)ar] [X_i \dots + X_j \dots] + 2X \dots / [(p-1)(p-2)ar]$$

$$\hat{\sigma}_{g_i}^2 = (g_i)^2 - [(p-1)\sigma_e^2 / ar(p-2)]$$

$$\hat{\sigma}_{s_{ij}}^2 = [\sum_{ij} (s_{ij})^2 / p-2] - [(p-3)\sigma_e^2 / ar(p-2)]$$

donde,

\hat{g}_i = estimador del efecto de ACG de la línea i ,

\hat{s}_{ij} = estimador del efecto de ACE de la cruce de la línea i con la línea j ,

$\hat{\sigma}_{g_i}^2$ = estimador de la varianza de los efectos g_i

$\hat{\sigma}_{s_{ij}}^2$ = estimador de la varianza de los efectos s_{ij}

a, r, p = ambientes, repeticiones y líneas, respectivamente.

σ_e^2 = varianza del error

CUADRO 1. Genealogía y características de planta de diez líneas S_i de maíz de alta aptitud combinatoria general para rendimiento de mazorca.

Línea	Origen de las líneas	FF	FM	AP	AMZ
1	Población 1 (Tuxpeño Planta Baja) C5 - 12 ^a	59	59	220	119
2	Población 1 (Tuxpeño Planta Baja) C5 - 6B	58	58	220	120
3	Población 2 (Mezcla Tropical Blanca) C8 - 23 ^a	57	57	212	115
4	Población 2 (Mezcla Tropical Blanca) C5 - 5 ^a	59	59	227	126
5	Población 2 (Mezcla Tropical Blanca) C5 - 20 ^a	58	58	214	116
6	Población 2 (Mezcla Tropical Blanca) C5 - 11 ^a	58	58	226	125
7	Población 3 (La Posta) C8 - 3 ^a	58	59	220	121
8	Población 3 (La Posta) C5 - 4A	58	58	229	126
9	Población 3 (La Posta) C8 - 1A	58	58	228	127
10	Población 3 (La Posta) C8 - 3B	59	59	229	129

C5, C8: Ciclo 5 y 8 de Selección; 12, 6, 23... = Número de planta autofecundada; A, B = Ciclo agrícola I-P y V-O, respectivamente; FF, FM = Días a floración femenina y masculina, respectivamente; AP, AMZ = Altura de planta y de mazorca (cm), respectivamente.

Para hacer la comparación entre los estimadores de los efectos g_i de las 10 líneas, así como entre los estimadores de los efectos s_{ij} de las 45 cruza simples, se usaron dos criterios: a) Por una parte, los estimadores del efecto g_i y su varianza de cada una de las 10 líneas; y por otra, los estimadores de la varianza del efecto s_{ij} de cada una de las 45 cruza simples. b) El orden de posición y su varianza del efecto g_i de las 10 líneas; así como el orden de posición y su varianza, del efecto s_{ij} de las 45 cruza simples.

Siguiendo el criterio (a), se estimó en cada uno de los 5 ambientes, el efecto g_i de cada una de las 10 líneas, obteniéndose para cada línea, 5 efectos g_i y su varianza. Se procedió en igual forma en cada uno de los análisis combinados: 10, de 2 en 2; 10, de 3 en 3; 5, de 4 en 4 y 1, de 5 en 5. El mismo procedimiento se siguió con los efectos s_{ij} de cada una de las 45 cruza simples. De acuerdo con la hipótesis planteada se espera que la varianza de los efectos g_i de cada línea, así como la varianza de los efectos s_{ij} de cada cruce simple, disminuya, conforme aumenta en el análisis combinado el número de ambientes.

Para aplicar el criterio (b), los efectos g_i de las 10 líneas, estimados en cada uno de los 5 análisis de un ambiente y en la combinación de 2, 3 y 4 ambientes, se ordenaron del mayor al menor, asignando el número 1 al mayor y el número 10 al menor. De esta manera se obtuvo para cada línea, 5 órdenes de posición para los análisis de 1 ambiente, 10 órdenes de posición para los análisis combinados de 2 y de 3 ambientes y 5 órdenes de posición para los análisis combinados de 4 ambientes; de los órdenes de posición de cada línea, en cada combinación de ambientes, se obtuvo su varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación en el orden de posición de la magnitud de los efectos g_i

El efecto g_i de las 10 líneas, estimado mediante el análisis combinado de 5 ambientes, al ordenarse de mayor a menor, dio origen al ordenamiento básico o esperado del g_i de las 10 líneas (Cuadro 2). En esta forma, las líneas 10, 9, 4, 6, 7, 1, 8, 2, 5 y 3, ocuparon el orden 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, respectivamente; es decir, las líneas 10 y 9 fueron las de más alta ACG,

mientras que las líneas 5 y 3 mostraron la más baja ACG; por su lado las líneas 4, 6, 7, 1, 8 y 2 presentaron efectos intermedios de ACG.

La magnitud del efecto g_i estimado en los análisis de 1, 2, 3 y 4 ambientes, varió para cada línea en cada ambiente y en las combinaciones de ambientes; sin embargo, las líneas 10 y 3, que mostraron la más alta y más baja ACG, respectivamente, presentaron muy poca variación en el orden de posición, respecto al orden esperado en los análisis de un ambiente y casi nula en los análisis combinados. El orden observado de las líneas 9 y 5 presentó un comportamiento similar al de las líneas 10 y 3, mientras que el orden observado de las líneas de valores ACG intermedio, tuvieron alta variación con respecto al orden esperado. De aquí se deriva que tanto las líneas de alta y de baja ACG son ecológicamente más estables que las líneas de ACG intermedia.

En general, la variación del orden de la magnitud del efecto g_i dependió del número de ambientes de evaluación. Se observaron grandes diferencias en las líneas de ACG intermedia, entre el orden observado y el esperado de los efectos g_i en los análisis de un ambiente; sin embargo, estas diferencias disminuyeron progresivamente en los análisis combinados de 2, 3 y 4 ambientes. Por ejemplo, la línea 1 cuyo orden esperado fue 6, tuvo el orden 1 (la más alta ACG) en el ambiente 4 y el orden 10 (la más baja ACG) en el ambiente 3; en las combinaciones de ambientes persistió la variación del orden pero, fue disminuyendo con el aumento del número de ambientes; así, en las combinaciones de 4 ambientes el orden observado resultó muy próximo al orden esperado, con excepción de la combinación 1, 2, 3, 5 en la cual el orden observado fue 8. En las restantes 6 líneas de ACG intermedia la variación del orden observado tuvo un comportamiento similar al de la línea 1. Estos resultados indican que los efectos de ACG de líneas autofecundadas de maíz estimados en 1 ó 2 ambientes, tienen altos sesgos respecto a su valor paramétrico.

Varianza de la magnitud de los efectos g_i y de su orden de posición

La varianza de la magnitud de los efectos g_i de cada una de las 10 líneas y la de su orden de posición (Cuadro 3), también permitió visualizar su variación a través de ambientes.

CUADRO 2. Efecto g_i y orden de posición de 10 líneas de maíz estimados en cada uno de 5 ambientes y en las combinaciones de 2, 3 y 4 ambientes. Campus Veracruz –CP. 1997-1999.

Ambiente	Línea 1		Línea 2		Línea 3		Línea 4		Línea 5		Línea 6		Línea 7		Línea 8		Línea 9		Línea 10	
	gi	Orden	gi	Orden																
1	-1,869	7	-1,107	6	-11,293	10	0,463	5	-4,679	9	6,384	3	-4,391	8	3,064	4	6,599	2	6,829	1
2	6,2	2	3,791	3	-11,137	10	-1,258	7	-5,819	9	-5,343	8	2,486	5	0,407	6	3,768	4	6,905	1
3	-6,555	10	-5,349	8	-4,132	7	7,166	2	-1,382	5	4,025	4	-2,036	6	-6,424	9	6,266	3	8,421	1
4	7,891	1	-3,102	9	-13,545	10	2,025	5	-1,221	7	4,067	3	-1,127	6	-2,234	8	2,456	4	4,79	2
5	-7,126	9	-1,968	6	-7,892	10	6,22	2	-2,852	8	0,243	5	4,045	3	-2,511	7	2,205	4	9,636	1
12	2,165	3	1,342	5	-11,215	10	-0,397	7	-5,249	9	0,519	6	-0,951	8	1,735	4	5,184	2	6,867	1
13	-4,212	9	-3,228	8	-7,712	10	3,814	4	-3,031	6	5,204	3	-3,213	7	-1,68	5	6,433	2	7,625	1
14	3,011	4	-2,105	7	-12,419	10	1,244	5	-2,95	9	5,225	2	-2,759	8	0,415	6	4,528	3	5,81	1
15	-4,498	9	-1,537	7	-9,592	10	3,341	3	-3,766	8	3,314	4	-0,172	6	0,276	5	4,402	2	8,232	1
23	-0,178	5	-0,778	7	-7,635	10	2,953	3	-3,601	9	-0,659	6	0,225	4	-3,008	8	5,017	2	7,664	1
24	7,046	10	0,344	6	-12,341	10	0,383	5	-3,52	9	-0,638	7	0,679	4	-0,913	8	3,112	3	5,848	2
25	-0,463	6	0,912	5	-9,515	10	2,48	4	-4,336	9	-2,549	8	3,265	2	-1,051	7	2,986	3	8,271	1
34	0,668	5	-4,225	8	-8,838	10	4,595	2	-1,302	6	4,046	4	-1,582	7	-4,329	9	4,361	3	6,606	1
35	-6,841	10	-3,658	7	-6,012	9	6,693	2	-2,117	6	2,135	4	1,004	5	-4,468	8	4,235	3	9,029	1
45	0,382	6	-2,535	9	-10,718	10	4,122	2	-2,037	7	2,156	4	1,458	5	-2,372	8	2,331	3	7,213	1
123	-0,742	5	-0,888	6	-8,855	10	2,124	3	-3,961	9	1,688	4	-1,313	8	-0,984	7	5,545	2	7,386	1
124	4,074	3	-0,139	7	-11,992	10	0,41	6	-3,907	9	1,702	4	-1,01	5	0,412	5	4,275	2	6,175	1
125	-0,932	8	0,239	7	-10,107	10	1,808	3	-4,45	9	0,428	5	0,713	4	0,32	6	4,191	2	7,79	1
135	-5,184	9	-2,808	7	-7,772	10	4,616	3	-2,971	8	3,551	4	-0,793	5	-1,957	6	5,023	2	8,295	1
234	2,512	4	-1,553	7	-9,605	10	2,644	3	-2,808	9	0,916	5	-0,226	6	-2,75	8	4,164	2	6,706	1
235	-2,494	7	-1,175	6	-7,72	10	4,042	3	-3,352	9	-0,357	5	1,498	4	-2,843	8	4,08	2	8,321	1
345	-1,93	7	-3,473	8	-8,523	10	5,137	2	-1,818	6	2,779	4	0,293	5	-3,723	9	3,642	3	7,616	1
431	-0,178	5	-3,186	9	-9,657	10	3,218	4	-2,428	7	4,826	3	-2,519	8	-1,865	6	5,108	2	6,681	1
541	-0,368	5	-2,059	8	-10,91	10	2,902	4	-2,917	9	3,565	3	-0,491	6	-0,56	7	3,753	2	7,085	1
542	2,321	4	-0,426	7	-10,858	10	2,329	3	-3,298	9	-0,344	6	1,8	5	-1,445	8	2,81	2	7,111	1
1234	1,417	5	-1,442	8	-10,027	10	2,099	4	-3,276	9	2,283	3	-1,267	6	-1,297	7	4,773	2	6,737	1
1235	-2,338	8	-1,158	6	-8,614	10	3,148	3	-3,684	9	1,328	4	0,026	5	-1,366	7	4,71	2	7,948	1
1345	-1,915	6	-2,882	8	-9,216	10	3,969	3	-2,534	8	3,68	4	-0,878	5	-2,026	7	4,382	2	7,42	1
1452	1,274	5	-0,596	8	-10,967	10	1,862	3	-3,643	9	1,338	4	0,253	6	-0,318	7	3,757	2	7,04	1
2345	0,102	6	-1,657	7	-9,177	10	3,538	3	-2,819	9	0,748	5	0,842	4	-2,69	8	3,674	2	7,439	1
12345	-0,29	6	-1,55	8	-9,6	10	2,923	3	-3,19	9	1,875	4	-0,2	5	-1,54	7	4,26	2	7,32	1

La varianza de los efectos g_i disminuyó gradualmente conforme aumentó el número de ambientes de evaluación. En efecto, dicha varianza, estimada en los análisis de un ambiente, se redujo 3 veces al estimarla en las combinaciones de 2 ambientes y ésta se redujo 2 veces al estimarla en las combinaciones de 3 ambientes, la cual a su vez se redujo 2 veces al estimarla en las combinaciones de 4 ambientes; es decir, la varianza estimada en los análisis de un ambiente se redujo 7 veces al estimarla en los análisis combinados de 4 ambientes. Ejemplo, para la línea 1, se tiene: $49,38/16,46=3$; $16,46/7,32=2$; $7,32/3,09=2$.

En igual forma, la varianza del orden de posición de los efectos g_i disminuyó al aumentar el número de ambientes de evaluación; sin embargo, dicha disminución no fue tan regular como la varianza de la magnitud de los efectos g_i , debido a la subjetividad con que se asignó el orden de posición a los efectos. También aquí se observa que las líneas 10 y 9 que fueron las de más alta ACG, presentaron la más baja varianza del efecto g_i y de su orden de posición en todas las combinaciones de ambientes.

En relación con las líneas de más baja ACG, se observa que la línea 5 presentó los valores bajos de

la varianza de los efectos g_i y de la varianza de su orden de posición; mientras que la línea 3 presentó los valores bajos de la varianza, sólo del orden de posición de los efectos g_i ; en cambio, las líneas de ACG intermedia presentaron valores altos de la varianza de los efectos g_i y del orden de posición.

Estos resultados corroboran el hecho de que las líneas de muy alta y muy baja ACG consideradas en este estudio presentaron alta estabilidad ecológica.

A través del estudio de la variación de los estimadores de los efectos g_i de las 10 líneas, se encontró que entre ellas, las de más alta y más baja ACG fueron más estables que las de ACG intermedia (Cuadro 2).

En las líneas estables, los estimadores de ACG tuvieron valores muy próximos a su valor esperado aun en los análisis de un ambiente como fue el caso de las líneas 10 y 9 que fueron las de más alta ACG y la 3 y 5 que fueron las de más baja ACG; en cambio, en las líneas de ACG intermedia, los valores estimados de los efectos g_i variaron aun en los análisis de 3 y 4 ambientes; sin embargo, los efectos g_i estimados en los análisis combinados de 4 ambientes fueron muy parecidos a su valor esperado (Cuadro 2).

CUADRO 3. Varianza del efecto g_i y de su orden de posición de 10 líneas de maíz estimadas en cada uno de los 5 ambientes y en las combinaciones de 2, 3 y 4 ambientes. Campus Veracruz-CP. 1997-1999.

Línea	1 amb		2 Amb		3 Amb		4 Amb	
	g_i	Orden	g_i	Orden	g_i	Orden	g_i	Orden
L1	49,38	16,7	16,46	6,68	7,37	3,79	3,09	1,5
L2	11,43	5,3	3,81	1,66	1,69	0,84	0,71	0,8
L3	13,40	1,8	4,47	0,10	1,99	0,00	0,84	0,0
L4	13,30	4,7	4,43	2,68	1,97	1,16	0,83	0,2
L5	4,10	2,8	1,37	1,96	0,61	1,16	0,26	0,2
L6	21,13	4,3	7,04	3,51	3,13	1,00	1,32	0,5
L7	11,76	3,3	3,92	3,12	1,74	2,04	0,73	0,7
L8	12,57	3,7	4,19	2,84	1,86	1,56	0,78	0,2
L9	4,30	0,8	1,43	0,27	0,64	0,10	0,27	0,0
L10	3,35	0,2	1,12	0,11	0,50	0,00	0,21	0,0

1 amb, 2amb, 3 amb, 4 amb: Combinación de 1, 2, 3 y 4 ambientes, respectivamente.

Así mismo, la varianza de los estimadores de g_i y de su orden (Cuadro 3), alcanzó el valor mínimo en los análisis de 4 ambientes. Con base en estos resultados se infiere que en la estimación de los efectos de ACG de líneas autofecundadas de maíz, son suficientes 3 a 4 ambientes de evaluación para obtener estimadores de g_i con un sesgo mínimo.

Variación en el orden de posición de la magnitud de los efectos s_{ij}

La magnitud de los efectos s_{ij} de las 45 cruzas simples, estimados mediante el análisis combinado de los 5 ambientes, se ordenó de mayor a menor, de lo cual resultó el ordenamiento de posición básico o esperado de las 45 cruzas. Algunas cruzas tuvieron el mismo orden de posición, debido a que su efecto fue de magnitud similar, por lo que las 45 cruzas fueron clasificadas dentro de 14 órdenes de posición, correspondiendo los menores a las cruzas de mayor ACE y los mayores a las cruzas de menor ACE (Cuadro 4).

Los estimadores de los efectos s_{ij} de las 45 cruzas obtenidos en los análisis de un ambiente y en la combinación de 2, 3 y 4 ambientes, se ordenaron en forma similar a los del análisis combinado de 5 ambientes; los ordenamientos así obtenidos se denominaron ordenamientos observados.

La magnitud de los efectos s_{ij} estimados en los análisis de un ambiente y en la combinación de 2, 3 y 4 ambientes, variaron para cada craza, en cada ambiente y en las combinaciones de ambientes. En los análisis de un ambiente y aun en los de 2, hubo cruzas cuyo orden de posición de la magnitud del efecto s_{ij} fue muy variable, en relación con el orden de posición básico o esperado. Este fue el caso de las cruzas 1x4, 1x10, 2x3, 3x7 y 7x10, entre otras. Por ejemplo, en la craza 1x4 el orden de posición esperado fue 4, mientras que en los análisis de un ambiente el orden observado fue 2, 15, 9, 3 y 8, en los ambientes 1, 2, 3, 4, y 5, respectivamente, los cuales difieren mucho del orden esperado. Variaciones similares se observaron en los análisis combinados de 2, 3 y 4 ambientes.

Por el contrario, hubo cruzas cuyo orden de posición del efecto s_{ij} varió muy poco en relación con el orden

esperado. Este fue el caso de las cruzas 5x9, 3x9, 4x9 y 2x5, las cuales fueron consideradas como estables.

En las evaluaciones de 1 ó 2 ambientes el orden de posición del s_{ij} resultó muy variable; esto pone de manifiesto el riesgo de obtener estimadores con grandes sesgos de su valor paramétrico o esperado cuando el número de ambientes es muy bajo. Los resultados en el presente estudio indican que la menor variación del orden observado se obtuvo en las evaluaciones de 4 ambientes. Campbell y Lafeur (1997), al trabajar en evaluaciones con trigo en localidades y años, sus resultados indicaron que los cultivares deben probarse por más de un año. Miller *et al.* (1962) evaluaron variedades de algodón en varias localidades y años, encontraron que es más efectivo aumentar el número de ambientes de prueba que aumentar el número de repeticiones por ambiente.

Varianza de la magnitud y del orden de posición de los efectos s_{ij} de las cruzas

La varianza de los efectos s_{ij} disminuyó gradualmente conforme aumentó el número de ambientes de evaluación (Cuadro 5).

La varianza estimada en los análisis de un ambiente se redujo 3 veces al estimarla en las combinaciones de 2 ambientes, y ésta se redujo 2 veces al estimarla en las combinaciones de 3 ambientes, la cual a su vez se redujo 2 veces al estimarla en las combinaciones de 4 ambientes; es decir, la varianza estimada en los análisis de un ambiente se redujo 7 veces al estimarla en los análisis de 4 ambientes.

En igual forma, la varianza del orden de posición de los efectos s_{ij} disminuyó al aumentar el número de ambientes de evaluación; sin embargo, dicha disminución no resultó tan regular como la varianza de los efectos s_{ij} , debido a la subjetividad con que se les asignó a los efectos el orden de posición.

Se observa que las cruzas 5x9, 3x9, 4x9, 1x7 y 2x5, presentaron las menores varianzas, tanto de la magnitud de s_{ij} como de su orden en los análisis de un ambiente y en los combinados de 2, 3 y 4 ambientes. Estos resultados corroboran que efectivamente, dichas cruzas son ambientalmente estables.

CUADRO 4. Orden del efecto s_{ij} de las 45 cruzas simples de 10 líneas de maíz estimado en cada uno de 5 ambientes y en sus combinaciones de 2, 3 y 4 ambientes. Campus Veracruz –CP. 1997-1999.

Cruza	Ambientes																																												
	1	2	3	4	5	12	13	14	15	23	24	25	34	35	45	123	124	125	135	234	235	345	431	541	542	1234	1235	1452	1345	2345	12345														
1X2	7	13	9	12	14	10	7	10	9	9	14	11	9	8	12	8	10	10	7	10	9	10	7	10	10	9	8	10	10	10	10	11													
1X3	10	11	5	3	12	11	7	6	10	6	6	9	2	5	6	7	6	10	6	4	6	4	4	7	6	6	7	6	6	6	5	9													
1X4	2	15	9	3	8	7	4	3	4	10	8	8	4	5	3	6	4	5	4	6	7	4	2	3	6	5	6	5	3	6	4														
1X5	11	6	6	7	11	9	9	10	10	4	7	6	5	5	8	6	7	8	7	5	5	7	6	9	6	6	6	7	8	5	8														
1X6	12	12	12	10	7	15	12	12	10	11	12	7	9	6	7	11	13	10	8	9	7	8	11	9	7	11	9	9	10	7	9														
1X7	6	7	5	7	11	5	4	7	8	4	7	7	5	5	8	3	5	6	5	5	5	7	4	7	6	5	5	6	6	6	5														
1X8	1	3	10	3	9	1	4	2	4	4	2	3	4	6	4	2	1	2	4	3	4	4	2	3	3	1	3	1	3	3	3														
1X9	6	9	10	13	11	7	7	10	7	7	12	7	11	6	11	6	8	6	6	9	7	10	7	9	8	6	8	9	8	7															
1X10	6	1	13	7	15	1	7	7	9	1	3	4	7	11	10	2	2	4	8	4	5	10	5	8	4	4	5	5	9	6	4														
2X3	3	4	6	12	13	3	3	7	7	3	9	7	7	6	12	2	5	5	5	6	5	9	5	8	7	5	4	6	7	6	9														
2X4	7	5	10	4	13	6	8	6	9	5	5	7	5	7	7	6	4	6	7	5	6	7	5	7	5	5	6	6	7	6	5														
2X5	11	17	14	10	14	15	11	11	12	13	13	13	10	11	11	11	12	13	10	12	12	11	10	11	10	11	12	11	11	11	12														
2X6	8	7	12	5	6	7	9	7	6	7	6	4	6	5	4	7	5	5	6	6	5	5	6	4	6	6	6	5	6	5	5														
2X7	10	8	6	8	8	8	8	8	8	5	8	5	6	5	7	6	7	6	6	6	5	6	6	7	6	6	6	6	6	7	6														
2X8	7	10	1	8	8	8	3	7	6	4	10	6	4	2	7	3	7	6	3	5	4	3	4	7	6	5	4	6	5	4	5														
2X9	7	2	13	2	11	3	8	3	8	4	1	4	3	8	3	4	1	5	7	2	5	4	3	4	1	2	5	3	5	3	3														
2X10	3	7	8	7	11	3	4	5	6	5	7	6	6	6	8	3	4	5	5	6	6	7	4	6	6	5	5	5	6	6	4														
3X4	13	10	14	10	4	14	13	13	8	10	11	4	11	5	6	11	12	8	8	9	6	8	12	9	6	11	8	8	10	6	11														
3X5	10	9	15	15	15	10	12	14	12	12	15	10	12	13	14	10	12	11	12	14	12	14	13	14	11	12	11	13	13	12	14														
3X6	7	7	11	3	17	7	8	5	11	7	5	10	5	12	9	6	4	9	9	5	9	9	5	7	6	5	8	6	8	6	9														
3X7	3	3	6	5	17	2	3	4	9	1	4	8	4	9	10	1	2	5	6	3	6	8	2	7	6	1	5	5	6	5	7														
3X8	2	9	9	3	2	4	4	3	2	7	6	3	4	3	2	4	3	3	2	5	4	2	2	1	3	4	3	2	2	3	5														

./...continúa

./...continuación CUADRO 4.

Cruza	Ambientes																																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45											
3X9	6	8	8	7	8	6	6	6	6	7	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	7	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6							
3X10	7	9	2	7	7	8	4	7	6	4	9	6	4	2	6	4	2	6	4	3	4	9	6	4	2	6	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4					
4X5	6	5	12	5	10	4	7	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
4X6	9	12	5	15	16	11	7	13	12	6	16	13	10	7	15	11	7	15	11	13	12	8	10	8	12	9	14	12	10	8	14	11	11	10	8	14	11	11	10	8	14	11	11	10	8	14	11	11	10	8	14					
4X7	10	4	12	9	18	7	10	10	14	6	7	11	8	14	13	7	6	12	13	6	11	13	8	13	9	7	10	10	12	9	10	7	10	10	12	9	10	7	10	10	12	9	10	7	10	10	12	9	10	7	10					
4X8	6	8	7	3	12	6	5	4	8	5	5	8	3	6	6	4	4	6	6	4	6	4	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6						
4X9	7	4	6	7	12	5	6	7	8	4	6	6	5	6	8	3	5	6	6	4	5	7	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7	6	5	7					
4X10	2	6	3	10	1	3	1	6	1	2	8	2	5	1	4	2	4	1	1	5	1	3	3	4	4	1	3	3	4	4	1	3	2	4	4	1	3	2	4	4	1	3	2	4	4	1	3	2	4	4						
5X6	2	7	5	6	10	3	2	4	5	4	6	6	4	4	7	2	3	4	3	4	5	5	2	5	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4					
5X7	6	5	9	7	6	4	6	6	5	5	6	4	6	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5			
5X8	5	5	4	10	11	4	3	7	7	2	8	6	5	5	9	2	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5		
5X9	7	8	8	9	11	7	7	8	8	6	9	7	7	6	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
5X10	6	9	4	1	8	7	4	1	6	4	2	6	1	3	1	4	2	5	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	
6X7	6	9	11	3	11	7	7	4	7	8	6	7	5	6	5	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
6X8	6	3	6	7	3	3	5	6	3	1	5	1	5	2	4	2	3	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	
6X9	4	7	8	10	12	4	5	7	7	5	8	7	7	6	10	3	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
6X10	8	8	8	6	14	8	7	7	10	6	7	9	5	8	9	6	6	9	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	7	8	5	8	
7X8	7	16	12	7	11	11	9	7	8	12	12	10	7	7	8	9	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
7X9	9	7	5	7	6	7	6	7	6	4	7	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	
7X10	10	14	12	11	5	12	10	11	6	11	13	7	10	5	7	9	11	7	6	11	7	6	11	7	8	9	7	10	11	8	9	7	10	11	8	9	7	10	11	8	9	7	10	11	8	9	7	10	11	8	9	7	10	11	8	9
8X9	12	12	10	9	15	15	11	12	13	9	11	12	7	10	11	10	12	14	11	13	9	11	12	7	10	11	10	12	14	11	13	9	11	12	14	11	13	9	11	12	14	11	13	9	11	12	14	11	13	9	11	12	14	11	13	
8X10	14	7	16	14	19	13	14	15	15	12	12	14	13	15	16	12	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15		
9X10	6	16	9	5	11	10	6	5	7	11	10	10	5	6	6	8	6	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7

CUADRO 5. Varianza de la magnitud y del orden de posición del efecto s_{ij} de las 45 cruza simples de 10 líneas de maíz estimado en cada uno de 5 ambientes y en las combinaciones de 2, 3 y 4 ambientes. Campus Veracruz-CP. 1997-1999.

Cruza	1 Amb		2 Amb		3 Amb		4 Amb	
	Varianza	Orden	Varianza	Orden	Varianza	Orden	Varianza	Orden
1X2	36,22	8,5	12,07	4,1	5,37	1,7	2,26	0,8
1X3	90,12	15,7	30,04	6,8	13,35	3,3	5,63	0,5
1X4	138,98	27,3	46,33	6,0	20,59	2,5	8,67	1,5
1X5	51,19	6,7	17,06	4,9	7,58	1,6	3,2	1,3
1X6	116,03	4,8	38,68	8,1	17,19	3,8	7,25	2,2
1X7	14,58	5,2	4,86	2,4	2,16	1,6	0,91	0,3
1X8	60,27	16,2	20,09	2,0	8,91	1,1	3,77	1,2
1X9	57,91	6,7	19,3	4,9	8,58	2,0	3,62	1,2
1X10	219,98	31,8	73,32	12,9	32,59	7,1	13,75	3,7
2X3	101,19	21,3	33,73	8,3	14,99	3,8	6,32	1,3
2X4	30,33	13,7	10,11	1,8	4,49	1,1	1,89	0,5
2X5	16,00	7,7	5,33	2,2	2,37	1,1	1,00	0,2
2X6	51,01	7,3	17	2,3	7,56	0,7	3,19	0,3
2X7	36,64	2,0	12,21	1,9	5,43	0,3	2,29	0,5
2X8	85,97	11,7	28,66	6,0	12,73	2,6	5,37	0,7
2X9	171,73	25,5	57,24	6,5	25,44	3,6	10,73	1,8
2X10	23,19	8,2	7,73	2,0	3,44	1,5	1,45	0,3
3X4	195,57	15,2	65,19	12,5	28,97	4,8	12,22	3,8
3X5	60,6	9,2	20,2	2,7	8,98	2,0	3,79	0,7
3X6	113,93	28,0	37,98	6,5	16,88	3,9	7,12	1,8
3X7	161,09	34,2	53,69	10,7	23,86	5,8	10,07	3,8
3X8	108,93	13,5	36,31	2,6	16,14	1,4	6,81	0,7
3X9	8,62	0,8	2,87	0,3	1,28	0,2	0,54	0,3
3X10	62,01	6,8	20,67	4,5	9,19	2,0	3,88	1,0
4X5	28,13	10,3	9,38	0,7	4,17	0,9	1,76	0,3
4X6	128,73	20,3	42,91	12,0	19,07	5,8	8,05	4,7
4X7	166,25	25,8	55,42	8,9	24,63	8,6	10,39	3,3
4X8	38,33	10,7	12,78	2,5	5,68	1,2	2,39	0,2
4X9	14,76	8,7	4,92	1,7	2,19	1,6	0,92	0,8
4X10	154,06	13,3	51,36	5,8	22,82	2,3	9,63	1,3
5X6	23,23	8,5	7,74	2,3	3,44	1,5	1,45	0,3
5X7	19,76	2,3	6,59	0,8	2,93	0,3	1,23	0,3
5X8	44,98	10,5	14,99	4,9	6,66	2,2	2,81	0,7
5X9	4,77	2,3	1,72	1,2	0,77	0,9	0,32	0,8
5X10	157,16	10,3	53,37	5,2	23,72	2,3	10	2,0
6X7	41,07	12,0	13,69	1,5	6,08	0,9	2,57	0,3
6X8	61,78	3,5	20,6	3,2	9,15	0,7	3,86	1,0
6X9	34,96	9,2	11,65	2,9	5,18	2,5	2,18	0,5
6X10	25,4	9,2	8,47	2,3	3,76	1,6	1,59	0,7
7X8	45,06	14,3	15,02	4,1	6,68	1,2	2,82	0,2
7X9	35,2	2,2	11,73	1,6	5,21	0,9	2,2	0,7
7X10	112,31	11,3	37,44	7,5	16,64	3,1	7,02	1,5
8X9	47,41	5,3	15,8	4,8	7,02	2,9	2,96	1,7
8X10	202,27	19,5	67,43	1,9	29,97	1,1	12,64	0,8
9X10	77,58	19,3	25,86	5,6	11,49	1,6	4,85	0,2

1amb, 2 amb, 3 amb, 4 amb: combinación de 1, 2, 3 y 4 ambientes, respectivamente.

Por el contrario, las cruzas 1x10, 3x4, 2x9, 4x7 y 3x7 tuvieron la mayor varianza, tanto de la magnitud de s_{ij} como de su orden de posición en los análisis de 1 ambiente y en los combinados de 2, 3 y 4 ambientes; estas cruzas pueden considerarse inestables; mientras que resto de las cruzas podrían considerarse como de estabilidad intermedia. No fue posible determinar el origen de la estabilidad o inestabilidad de las cruzas no obstante que los resultados de Reyes y Molina (2002) muestran que los efectos de ACE interaccionan más con los ambientes que los efectos de ACG.

CONCLUSIONES

En función de los materiales genéticos utilizados y en las condiciones ecológicas en el cual se desarrolló el presente trabajo, se establecieron las siguientes conclusiones:

- La varianza de los estimadores y la del orden de posición, son criterios útiles para estimar parámetros genéticos, en particular los efectos de ACG y ACE de líneas autofecundadas de maíz.
- El aumento del número de ambientes de evaluación produce una disminución de la varianza de los estimadores de los efectos g_i y s_{ij} de cada línea o cruza, y de la varianza de su orden de posición.
- Las disminuciones arriba referidas permiten inferir que los estimadores de parámetros genéticos basados en 1 ó 2 ambientes de evaluación son altamente sesgados, y que la evaluación en 3 ó 4 ambientes produce estimadores equivalentes a los de la evaluación en 5 ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Campbell, L. G. and H. N. Lavever. 1977. Cultivar x environments interactions in red winter wheat yield tests. *Crop Sci.* 17:604-608.
- Crossa, J., 1992. Análisis estadísticos de series de experimentos. **In:** Simposio interacción genotipo – ambiente en genotecnia vegetal. Guadalajara Jal. Mex. 149-169.
- Falconer, D. S. 1984. Introducción a la genética cuantitativa. F. Marquez S. (trad) Editorial CECSA. 14^o imp. México. 430 p.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. Jour. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Hanson, W. D. 1964. Genotype-environments interaction concepts for yield experimentation. *Biometrics* 20(3):540-552.
- Horner, T. W. and K. J. Frey. 1957. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. *Agron. J.* 49:313-315.
- Jones, G. L., D.F. Matzinger and W. K. Collins. 1960. A comparison of flue - cured tobacco varieties repeated over locations and years with their implications on optimum plot yield. *Agron. J.* 52:195-199.
- Liang, H. L. G., E. G. Heyne and T. L. Walter. 1966. Estimates of variety x environmental interaction in yield test of three small grains and their significance on the breeding programs. *Crop Sci* 6:135-139.
- McIntosh, M. S. 1983. Analysis of combined experiments. *Agron. J.* 75:153-155.
- Miller, P. A., J. C. Williams and H. F. Robinson. 1959. Variety x environment interactions in cotton variety test and their implications on testing methods. *Agron. J.* 51:132-134.
- Miller, P. A., H. F. Robinson and O. A. Pope. 1962. Cotton variety testing: Additional information on variety x environment interactions. *Crop. Sci.* 2:349-352.
- Molina G, J. D. 1992. Introducción a la genética de poblaciones y cuantitativa (algunas implicaciones en genotecnia). AGT Editor. México, D.F. 349 p.
- Reyes M., C. A. y J. D. Molina G. 1982. Probadores de alto y bajo rendimiento para aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. *Agrociencia* 47:117-130.

- Reyes, L. D., J. D. Molina G, M. A. Oropeza R. y E. C. Moreno P. 2002. Cruzas dialelicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza Tuxpeño. *Rev. Fitotec.Méx.* Vol. 27(1):49-56.
- Rojas, M. B. 1958. The analysis of tillage experiments. Final report. Ames Iowa. 122 p.
- Sahagún C., J. 1998. Evaluaciones genotípicas en series de experimentos. *Germen.Num.* 14. SOMEFI. A.C. México. 39 p.
- Sahagún C., J. 1994. Evaluación de genotipos en series de experimentos: diferencias en parámetros genéticos generados en dos modelos. *Rev. Fitot. Mex.* 17:116-125.
- Sahagún C., J. 1993. Funcionalidad de cuatro modelos para las evaluaciones genotípicas en series de experimentos. *Rev. Fitot. Mex.* 16:161-171.
- Sahagún C., J. 1992a. El ambiente, el genotipo y su interacción. *Rev. Fitotec. Mex.* 16:161-171.
- Sahagún C., J. 1992b. Algunas consideraciones sobre los modelos para las evaluaciones genotípicas en series de experimentos. **In:** Simposio interacción genotipo – ambiente en genotecnia vegetal. Guadalajara, Jal. Méx. p. 199-227.
- Sahagún C., J., J. D. Molina G. y F. Castillo G. 1991. Selección masal en varianzas genéticas de la variedad de maíz Zac – 58. *Agrociencia serie fitociencia* 2(1):65-79.
- Sprague, G. F. and W. T. Federer 1951. A comparison of variance components in corn yield trials.II. Error, year x variety, location x variety and variety components. *Agron. J.* 43:531-541.
- Van Eeuwijk, F. A. 1995. Linear and bilinear models for the analysis of multi-environment trial: I An inventory of models. *Euphytica* 84:1-7.
- Yates, B. F. and W. G. Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. *Jour. Agric. Sci.* 28:556-580.

EFFECTO DE ROCAS FOSFÓRICAS NATURALES Y MODIFICADAS SOBRE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE PASTOS INTRODUCIDOS EN VENEZUELA

EFFECT OF NATURAL AND MODIFIED PHOSPHATE ROCKS ON QUANTITY AND QUALITY OF INTRODUCED PASTURES IN VENEZUELA

Eduardo Casanova O.*

*Profesor. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología.
Apto. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-Mail: casanovaen@cantv.net

RESUMEN

En el país hay 5 millones de ha de pastos introducidos y aproximadamente 22 millones de pastos naturales y un alto porcentaje de ellos están en suelos ácidos, con bajos niveles de elementos nutritivos (entre ellos el fósforo, P) y materia orgánica. Estas condiciones son ideales para el uso de las rocas fosfóricas naturales y modificadas y por ello se presentan los resultados de experimentos establecidos en los estados Guárico, Bolívar, Anzoátegui y Monagas con el objetivo de mostrar el efecto de rocas micronizadas (26% de P_2O_5 total y baja solubilidad) y parcialmente aciduladas (28% P_2O_5 y mediana solubilidad) sobre a) la cantidad y calidad de pastos introducidos así como sobre el P aprovechable en el suelo y b) la capacidad de carga animal en los potreros y la producción de carne y leche de los rebaños con mejoras en la rentabilidad y sustentabilidad de esos sistemas de producción. Para el objetivo (a) se establecieron experimentos con diseños en bloques al azar con 3 repeticiones mientras que para el objetivo (b) basado en resultados experimentales anteriores, se establecieron parcelas semi-comerciales de 12 ha con ganado bajo el uso de rocas fosfóricas parcialmente aciduladas (RPA) y un rebaño de 100 animales. Los resultados indicaron que para el primer objetivo en el estado Bolívar la mejor oferta y calidad forrajera se logró con una dosis de 100 kg P_2O_5 ha⁻¹ de roca fosfórica micronizada mientras que para los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas este efecto se obtuvo con 100 kg ha⁻¹ de RPA y 100 kg ha⁻¹ de urea. En el caso del objetivo 2 los mejores resultados de aumento en oferta y calidad forrajera, mayor producción de leche por día, mayor peso de los animales a la venta así como una mayor rentabilidad, se logró con la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de RPA y 100 kg ha⁻¹ de urea.

Palabras Clave: Roca fosfórica; pastos; producción; calidad; carne; leche.

SUMMARY

In the country there are 5 million ha of introduced pastures and approximately 22 millions ha of natural pastures and a high percentage of them are established on acid soils with low content of nutrients and organic matter. These conditions are ideal for the application of natural and modified phosphate rocks and therefore experiments were conducted in Guarico, Bolivar, Anzoategui and Monagas States with the objectives of measuring the effect of natural (26% P_2O_5 and low solubility) and partially acidulated phosphate rock (28% P_2O_5 and medium solubility) on a) pasture quantity and quality as well as the available soil phosphorus, and b) number of animals/ha, milk and meat production and profitability. To achieve the first objective experiments were established using a randomized block design with 3 replications, and for the second objective based on experimental results conducted years before, a 12 ha semicommercial experiment was established with 100 milk and meat producing animals. The results showed that for the first objective in Bolivar State the best quantity and quality of pasture as well as the best soil available P was obtained with 100 kg P_2O_5 ha⁻¹ of natural phosphate rock while in Guárico, Anzoategui and Monagas the best effect was obtained with 100 kg ha⁻¹ of partially acidulated phosphate rock and 100 kg ha⁻¹ of urea. For objective 2 the best pasture quantity, nutritional quality, number of animals per hectare and milk and meat production with better profitability and sustainability of the production system was obtained with 200 kg ha⁻¹ of partially acidulated phosphate rock and 100 kg ha⁻¹ of urea.

Key Words: Phosphate rock; pasture; production; quality; meat; milk.

RECIBIDO: noviembre 16, 2005

ACEPTADO: abril 13, 2007

INTRODUCCIÓN

En Venezuela existen aproximadamente 5 millones de hectáreas de pastos introducidos ubicadas principalmente en las mesas orientales, norcentro de Guárico y Cojedes, pie de monte y montañas andinas y en la cuenca del Lago de Maracaibo. Adicionalmente, existen 22 millones de hectáreas de pastos naturales que se localizan principalmente en las mesas orientales, sur de Apure y Guárico, cordillera central y norte de Bolívar.

El principal problema en los pastos en Venezuela es su baja productividad en materia verde y su baja calidad, lo cual no satisface los requerimientos nutricionales de los bovinos en pastoreo, y se constituye en uno de los principales factores de la baja producción de carne y leche, y la necesaria importación para cubrir las necesidades alimenticias de 25 millones de habitantes. Se ha estimado la población bovina en Venezuela de acuerdo a los diferentes grupos étnicos en 11 600 000 animales (Canelón, 2002).

La baja productividad de los pastos en las regiones mencionadas se debe fundamentalmente a que los mismos se siembran o están establecidos en suelos ácidos, de baja fertilidad natural y bajo contenido de materia orgánica (MO; Mogollón y Comerma, 1994) y sólo alrededor de 7% de la superficie de pastos introducidos (300 000 ha) es fertilizado (Gilbert *et al.*, 1989; Casanova, 1998; Rajan *et al.*, 2004). Esta cifra se mantiene, a pesar que diferentes investigadores han demostrado los efectos de la fertilización sobre el incremento en la productividad de los pastos y en el aumento en la producción de leche y carne en Venezuela (Arriojas, 1992).

Uno de los nutrimentos más deficitarios en la mayoría de los suelos medianamente y altamente evolucionados es el fósforo (P) cuyas fuentes de fertilizantes en el pasado eran importados (superfosfato triple, fosfato diamónico), más recientemente se ha pasado a una situación intermedia donde parte es importado y parte es producido en el país (fosfato especial granulado, superphosphétil) y la expectativa es que en el futuro, con los grandes yacimientos de roca fosfórica (RF) en los estados Táchira, Mérida y Falcón, se pueda ser autosuficiente en estos fertilizantes (Comerma *et al.*, 2005).

Existen muchos antecedentes de investigación sobre el uso de RF en sistemas de producción pecuario, tanto como fuente de fertilizante para los pastos a establecer o establecidos, así como en el uso en la alimentación de diferentes especies animales. Esa información ha sido resumida por Casanova (1993; 1998; 2002 a, b), Comerma *et al.* (2005) y Godoy y Chicco (1991) y Godoy (1997).

Algunos resultados indican que existen especies de pastos tolerantes a moderadas condiciones de acidez y baja fertilidad natural, las cuales deberían ser fertilizados con fertilizantes fosfatados de mediana solubilidad, tales como las rocas fosfóricas naturales y modificadas (RFN y RFM), ya que éstas no sólo aportan P de manera inmediata sino que tienen un importante efecto residual. La biodisponibilidad promedio relativa del P en alimentación animal, presentan los siguientes valores: fosfato monocálcico (93-98%), fosfato bicálcico hidratado (92-101%), fosfato tricálcico anhidro (86%), fosfato tricálcico defluorinado (95-96%), fosfato triple de sodio, calcio y magnesio (96%), urea – fosfato (90-96%), harina de hueso (90%), RF (20-50%), fosfatos de aluminio, hierro y calcio (15%), en relación al fosfato monosódico (100%; Godoy 1997). Esta biodisponibilidad varía con la especie animal y al mismo tiempo representa un uso potencial de la RF en las raciones que puede sustituir total o parcialmente la fuente de fosfato dicálcico tradicionalmente importado.

Por otro lado, el uso de las RFN y RFM tiene pertinencia social y se ubica dentro de los criterios de sostenibilidad. Una de las premisas de la agricultura es lograr que el productor viva en el campo con un nivel de rentabilidad de su sistema de producción que le permita a él y su grupo familiar mantener condiciones económicas dignas y mantener el optimismo de producir alimentos para 26 millones de venezolanos. Por otro lado, los criterios más recientes de producir en una agricultura sostenible implican que esta debe ser rentable, socialmente aceptable y ambientalmente benigna. Estos conceptos se cumplen con el uso de la RF en Venezuela: se aumenta la rentabilidad del productor, es socialmente aceptable ya que es de fácil aplicación y no requiere de tecnologías diferentes a las tradicionales usadas por el productor y ambientalmente segura ya que la RF es un fertilizante de mediana solubilidad que libera sus nutrimentos en función de los requerimientos del

cultivo y en consecuencia no se mueve hacia los cuerpos de agua o hacia la atmósfera.

Este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados de investigaciones recientes sobre el uso de RFN y RFM y su efecto en la producción y calidad de pastos introducidos, el P aprovechable en el suelo, la capacidad de carga animal en los potreros y la producción de carne y leche de los rebaños, en varios estados del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron en fincas de productores pecuarios con diseños en bloques al azar con tres repeticiones en aquellos en los cuales el objetivo fue la medición de la producción y calidad forrajera y el efecto sobre el P aprovechable en el suelo y en parcelas para cada unidad experimental de 10 m de ancho por 10 m de largo. Tomando en consideración resultados anteriores señaladas por (Casanova 2002a, 2002b) en los cuales ya había resultados experimentales en fincas, se pasó a la evaluación en áreas semicomerciales usando para ello potreros con pasturas ya establecidas con tamaño promedio de 12 ha con ganado cebú doble propósito y se midió la producción y calidad forrajera, la carga animal, la producción promedio de leche y carne y la rentabilidad de ese tipo de manejo bajo el uso de RPA y un rebaño de 100 animales y comparándolo con el manejo tradicional del productor.

Muestreo de suelos: se tomaron muestras de suelos antes de establecer los experimentos con el fin de caracterizarlos en análisis de rutina (textura, % de MO, conductividad eléctrica, pH, P, Ca, K y Mg aprovechables y después del experimento para medir el P aprovechable como efecto de los tratamientos con RF.

Las metodologías seguidas para el análisis de rutina de suelos fueron: para P aprovechable con extracción con solución Bray I y determinación colorimétrica con vanadato-molibdato, K aprovechable con extracción con solución Bray I y determinación por absorción atómica, MO con el método de combustión húmeda de Walkley y Black, pH por el método potenciométrico con electrodo de vidrio en suspensión suelo:agua de 1:2,5, conductividad

eléctrica por el método conductimétrico y el análisis de tamaño de partículas por el método de Bouyoucos, citados en el Manual de Métodos y Procedimientos (Gilabert *et al.*, 1990). En cada finca se abrió una calicata para clasificar taxonómicamente a los suelos de acuerdo al Manual del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos: Claves para la Taxonomía de Suelos (2003).

Muestreo de pastos: se tomaron muestras de pastos mediante el lanzamiento aleatorio de un marco de 1 m² en cada parcela, se cortó el pasto a 5 cm sobre la superficie del suelo, para la medición de producción de materia verde y a partir de esta, en el laboratorio, materia seca (MS). Igualmente se tomó una submuestra para los fines de análisis de tejido para ver el efecto de los tratamientos con RF siguiendo la siguiente metodología: se secaron en estufa a temperatura promedio de 70 °C durante 48 h, se molieron y tamizaron a 40 mallas y se realizó una digestión con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno determinándose la concentración de P por colorimetría con vanadato-molibdato, K, Ca y microelementos por absorción atómica, N por el método de micro-kjeldhal modificado y estimación por destilación y titulación, de acuerdo a los métodos descritos en Universidad Central de Venezuela (1993).

Pastos usados: los pastos ya estaban establecidos en las fincas seleccionadas y fueron: *Brachiaria decumbens* (Barrera) en el estado Bolívar (Finca entre El Pao y Upata); *Brachiaria brizantha* (Brizanta) en Guárico (Finca en Santa María de Ipire); *Brachiaria brizantha* (Brizanta) en Monagas (Finca en Punta de Mata); *Brachiaria humidicola* (Aguja) y *Brachiaria brizantha* (Brizanta) en Anzoátegui (Finca en El Tigre).

Por otro lado, en el experimento en parcelas semicomerciales, se usó *Brachiaria brizantha* (Brizanta) en asociación con *Stylosanthes capitata* (capica) en la (Finca en Punta de Mata) con ganadería doble propósito.

Tratamientos: los tratamientos con rocas fosfóricas micronizadas (RFm) y RPA variaron en un rango de 0, 50, 100 y 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ en base al contenido total de P de la fuente, con aplicaciones básicas de otros nutrimentos (N, K, Mg) para asegurar la

suplencia de ellos en forma adecuada y comparados con superfosfato triple como referencia de fuente de P soluble, aplicados a la entrada de lluvias después de un corte del pasto con rotativa.

Estas dosis se establecieron en función de las características de los suelos y de la solubilidad de las rocas descritas por Casanova (1993) y Barreiro *et al.*, (2000): RFm de Riecito en valores totales (26% de P_2O_5 , 38% de CaO, 3,91% de Al_2O_3 , 22,4% de SiO_2 , 2% de F, baja solubilidad después de 2 extracciones sucesivas); RPA al 40% (Fospoder): (28% de P_2O_5 con mediana solubilidad, 8,5% soluble en agua, 32% de CaO, 9% S, 1,5% F).

En los casos de tratamientos con diseños experimentales (bloques al azar) se realizaron análisis de variancia y pruebas de media al 5% de nivel de probabilidad ($\alpha = 0,05$), usando TUKEY's HSD con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS Institute, 2002) para obtener los efectos de diferencias significativas entre tratamientos.

Las variables medidas fueron producción de materia verde y seca de los pastos expresados en $t\ ha^{-1}$. Otras variables fueron determinación de niveles nutricionales en el pasto en el laboratorio, determi-

nación de P aprovechable en el suelo para observar el efecto residual del tratamiento con RF. En las evaluaciones semicomerciales de Monagas además de las variables anteriores, se midió producción de leche por vaca/día sobre un rebaño de 100 animales y se estableció el peso promedio del animal al momento de la venta y se comparó con los resultados del manejo tradicional del productor así como un análisis de rentabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los suelos: el análisis de rutina de los suelos de los estados Bolívar, Guárico, Monagas y Anzoátegui, en los cuales se establecieron los experimentos, se presenta en el Cuadro 1. Se puede observar que son suelos de mediana a alta evolución (Alfisoles a Ultisoles), con rango de texturas desde arenosos hasta arcillosos, bajos a medianos contenidos de MO, sin problemas de sales ya que la conductividad eléctrica es baja, ácidos con pH alrededor de 5,0 y en general bajos niveles de P, potasio, calcio y magnesio aprovechable, lo cual los hace suelos típicos donde se desarrolla la ganadería en Venezuela y, por otro lado, con características deseables para la aplicación de RFN o RFM.

CUADRO 1. Características de los suelos de cada finca donde se realizaron las evaluaciones con rocas fosfóricas y pastos introducidos.

Suelos / Estados	Bolívar	Guárico	Anzoátegui	Monagas
Taxonomía	OxicHaplustalf	TypicPaleustult	TypicPaleustult	
% arena	15,7	37,0	90,4	79,6
% de limo	15,4	32,7	3,3	10,8
% arcilla	68,9	30,3	6,3	9,6
Textura	arcilloso	franco arcilloso	arenoso	franco arenoso
% Materia Orgánica	3,7	2,2	0,6	2,9
Conductividad Eléctrica ds/m	0,31	0,25	0,17	0,13
pH	5,0	4,9	5,1	5,0
P Aprovechable $mg\ kg^{-1}$	5	1,8	3,2	5
K Aprovechable $mg\ kg^{-1}$	63	35	42	27
Ca Aprovechable $mg\ kg^{-1}$	101	102	116	75
Mg Aprovechable $mg\ kg^{-1}$	75	25	32	15

Resultados en el estado Bolívar: en la Figura 1 se observa el efecto de la aplicación de RFm de Riecito en el pasto *Brachiaria decumbens* (Barrera) con dosis de 50, 100 y 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ y medición de variables de producción de MS (t ha⁻¹), contenido de P en el tejido foliar y P aprovechable en el suelo, después de 2,5 años de aplicado los tratamientos sobre la pastura establecida.

En la Figura 1 (a) se observa que con la dosis de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ se obtuvo el mejor efecto de la RF (2 330 t ha⁻¹) sin diferencias estadísticas con la dosis de 200 kg ha⁻¹, mostrando además su efecto residual en el tiempo.

Con esa misma dosis, el P aprovechable en el suelo subió de 5 mg kg⁻¹ (tratamiento testigo, nivel deficiente) a 31 mg kg⁻¹ (Figura 1b) y el nivel de P en tejido foliar subió de 0,1% considerado deficitario para suplir los requerimientos de bovinos en pastoreo a 0,28% considerado como nivel suficiente (Figura 1c).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Casanova *et al.* (1993) en una localidad en Upata, pero en suelos arenosos y en donde, además de la RFm, se incorporó las escorias básicas de la Siderúrgica del Orinoco como fuente de calcio.

Resultados en los estados Guárico, Monagas y Anzoátegui: los experimentos en estas localidades se realizaron con RPA al 40% denominada comercialmente Fosfopoder, con la aplicación de 0, 100 y 200 kg ha⁻¹ de RF y una aplicación básica de 100 kg ha⁻¹ de Urea. Los resultados en producción de MS se observan en la Figura 2 (a), (b) y (c) con incrementos significativos en comparación con el tratamiento testigo, pasando de una pobre oferta forrajera a una buena suplencia de pasto para los bovinos en pastoreo.

Resultados de la evaluación semicomercial en Monagas: uno de los problemas más importantes de los ganaderos en el estado Monagas es la degradación de pasturas lo cual ocurre por insuficiente período de descanso de los potreros, fertilización inadecuada y no oportuna, suelos con limitaciones

nutricionales y ácidos, lo cual trae como consecuencia pastos de baja altura y baja oferta forrajera, con cobertura sólo de 30 a 40%, con alta cantidad de malezas, producción de menos de 0,3 t ha⁻¹ de MS por corte, menos de 2% de proteína cruda, baja digestibilidad y baja productividad en leche y carne.

A los fines de solucionar este problema se estableció un experimento en potreros de 12 ha con 3 repeticiones a comienzos de lluvia, con un pase de rotativa y la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de RPA al 40% (Fosfopoder) + 100 kg ha⁻¹ urea + 3 kg de semilla *Stylosanthes capitata* (capica) e incorporada con un pase de rastra con suficiente abertura para lograr que los fertilizantes lleguen a la superficie del suelo. Esto permitió la recuperación de esas pasturas con ganadería de doble propósito y el pasto *Brachiaria brizantha*.

Los resultados muestran mayor producción de MS, mayor concentración de proteína, mejor concentración de los nutrimentos, mayor producción de leche por vaca por día, mejor peso del animal a la venta y mayor rentabilidad (Cuadro 2).

Las mejoras en la calidad y cantidad de la oferta forrajera así como en la rentabilidad coinciden con los resultados encontrados por Casanova (1994), Arriojas *et al.* (1994) y Chacón *et al.* (1994), pero en estos casos en parcelas experimentales que fueron soporte del inicio de las evaluaciones semicomerciales. La incorporación de la leguminosa fue basada en la experiencia de la investigación realizada por Fariñas *et al.* (1997).

Como consecuencia del aumento en la producción y calidad del pasto el ganadero tiene la posibilidad de tener más animales por unidad de superficie. En estas fincas la capacidad de sustentación de los potreros pasó de 2,5 a 4,0 unidades animales/ha en los meses de julio a noviembre. Estos datos coinciden con los encontrados por Tejos y Plasse (1998) quienes mejorando las alternativas de manejo (entre ellas la fertilización estratégica) de sabanas con bovinos en pastoreo, lograron aumentos en la carga animal de 0,17 a 1,87 UA/ha⁻¹ año.

CUADRO 2. Efecto de la aplicación de Fosfopoder + Urea (tratamiento) sobre la calidad del pasto y los rendimientos de la asociación *Stylosanthes capitata* y *Brachiaria brizantha* del estado Monagas en comparación al manejo del productor (testigo).

Variables	Testigo	Tratamiento
T MS/ha/corte	0,3	1,8
% proteína cruda	3,0	6,4
% P	0,08	0,15
% K	0,5	1,02
% Ca	0,2	0,26
% Mg	0,25	0,46
mg kg ⁻¹ Fe	214	332
mg kg ⁻¹ Cu	1	5
mg kg ⁻¹ Zn	37	45
mg kg ⁻¹ Mn	83	154
Nº vacas en ordeño	100	100
Litros leche/vaca/día	5	8
Peso del animal a la venta (kg)	350	470
Costo de recuperación Bs ha ⁻¹	300 000	50 000
Ganancia adicional en leche Bs/día*		198 000
Ganancia adicional en carne Bs/rebaño*		32 760 000

* Base de los cálculos de ganancia: leche: 3 litros leche/vaca/día x 660 Bs/l x 100 animales, Carne: 120 kg más de carne x 2 730 Bs/kg en pie x 100 animales: 32 760 000,00Bs.

El Cuadro 3 presenta de manera resumida los resultados obtenidos con los diferentes tipos de pastos y su respuesta a las aplicaciones de RFm y fosfopoder. Aunque cada localidad tiene condiciones edáficas (Cuadro 1), climáticas y de tipos de pastos diferentes, los valores permiten concluir que:

- se requieren de 2 a 3,8 veces más RFm que el fosfopoder para producir aproximadamente el mismo rendimiento de MS aunque el costo de aplicación es similar en varias localidades por ser la RFm más barata,
- las parcelas testigos sin la aplicación de RF sólo producen de 0,3 a 0,8 toneladas de MS por hectárea lo cual es una oferta forrajera muy pobre tanto en cantidad como en calidad,
- los incrementos en rendimientos que se obtienen al comparar el tratamiento de RF con el testigo van de 1,5 a 2,0 toneladas de MS por hectárea,
- los costos de las fuentes de RF aplicadas variaron desde 6 266 Bs/ha en Monagas (experimental) a 12 532 Bs/ha en Monagas (semicomercial), Guárico (experimental) y Anzoátegui (experimental),
- además del análisis económico realizado para Monagas en la evaluación semicomercial relacionado con la producción de leche y carne (Cuadro 2), se observa que el costo de la fuente de RF por cada tonelada de MS de pasto varió de 2 984 Bs en Monagas (experimental) a 6 992 Bs en Monagas (semicomercial) como se muestra en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Resumen por localidad de la respuesta de diferentes especies de pastos a la aplicación de rocas fosfóricas micronizadas, fosfopoder, sus costos por hectárea y por tonelada de materia seca producida.

Localidad*	Pasto**	Fuente de Roca Fosfórica***	Dosis kg ha ⁻¹	Rendimiento		Incremento en Rendimiento TM MS ha ⁻¹	Costo Roca Fosfórica Bs ha ⁻¹ ****	Costo de la MSBs Fuente/TM
				TM MS/ha	Testigo			
Monagas (S)	BB +Leguminosa	FP	200	1,8	0,3	1,5	12 532	6 962
Bolívar (E)	BD	RFM	385	2,3	0,5	1,8	11 500	5 000
Guárico (E)	BB	FP	200	2,3	0,4	1,9	12 532	5 449
Monagas (E)	BB	FP	100	2,1	0,6	1,5	6 266	2 984
Anzoátegui (E) BH	BH	FP	200	2,8	0,8	2,0	12 532	4 476
Valor promedio				2,3	0,5	1,8		

* S: semicomercial; E: experimental

** BB: *Brachiaria brizantha*; BD: *Brachiaria decumbens*; BH: *Brachiaria humidicola*

*** FP: fosfopoder; RFM: roca fosfórica micronizada

**** Costos de FP: 62.660 Bs/TM y RFM: 30.000 Bs/TM año 2002.

BIBLIOGRAFÍA

- Arriojas, L. 1992. Aspectos relevantes de la fertilización de pastizales. **In:** T. Clavero (Ed.). Producción e Investigación en Pastos Tropicales. Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, División de Estudios para Graduados. Zulia, Venezuela. p. 43-64.
- Arriojas, L., E. Chacón, E. Casanova, Z. Flores, Y. Reina y M. Rodríguez. 1994. Efecto comparativo de diferentes fuentes y niveles de fósforo sobre pasturas introducidas en establecimiento y ya establecidas en sabanas bien drenadas. Primer Simposio-Taller "Uso de la roca fosfórica venezolana en pasturas y alimentación de rumiantes, San Cristobal, Táchira, Venezuela. p. 14-15.
- Barreiro, I., E. Casanova y J. R. Castillo. 2000. Producción de roca parcialmente acidulada (RPA) para una agricultura sustentable. II Conferencia Internacional de Fertilizantes para América Latina, Cancun, México. British Sulphur Publishing (1):23-46.
- Canelón, C. 2002. Situación y perspectiva del circuito lácteo (I parte). *Agroservicios*, 3(7):46-50.
- Casanova, E. 1993. Las rocas fosfóricas y su uso agroindustrial en Venezuela. *Apuntes Técnicos Palmaven*, Gerencia Corporativa de Asuntos Públicos. 124 p.
- Casanova, E. 1994. Evaluaciones agronómicas del uso de rocas fosfóricas venezolanas en pasturas introducidas en diferentes regiones pecuarias del país. **In:** Primer Simposio-Taller "Uso de la roca fosfórica venezolana en pasturas y alimentación de rumiantes, San Cristóbal, Táchira, Venezuela". p. 22-23.
- Casanova, E. 1998. Suelos y fertilización de forrajes en Venezuela. **In:** R. Tejos, C. Zambrano, L. Mancilla, W. García, y M. Camargo (Eds.). Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. UNELLEZ, Barinas, Venezuela. p. 129-136.
- Casanova, E. 2002a. Fertilización, nutrición y sustentabilidad de praderas. *Venesuelos*. 7(1-2):33-37.
- Casanova, E. 2002b. El uso de rocas fosfóricas y su efecto en la productividad de carne y leche en Venezuela. **In:** R. Tejos, W. García, C. Zambrano, L. Mancilla y N. Valvuela (Eds.). VIII Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. p. 99-106.
- Casanova, E., M. J. Pérez and M. Flores. 1993. Agronomic evaluation of phosphate rocks and slags on Upata acid soil, Bolivar State, Venezuela. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24(7-8):573-587.
- Comerma, J., E. Casanova y V. Sevilla. 2005. Experiencias y perspectivas del uso de fertilizantes en pastizales en Venezuela. **In:** R. Romero, J. Salomón y J. De Venanzi (Eds.). XX Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. p. 135-155.
- Chacón, E., L. Arriojas, E. Casanova y M. Rodríguez. 1994. Estudio de fertilización con rocas fosfóricas en pasturas introducidas en sabanas eolicas del Estado Apure. Primer Simposio-Taller "Uso de la roca fosfórica venezolana en pasturas y alimentación de rumiantes, San Cristobal, Táchira, Venezuela". p. 18-19.
- Fariñas, J., H. Oropeza, P. Briceño y E. Casanova. 1997. Evaluación de siete leguminosas tropicales como fuentes de forraje protéico, XIII Jornadas Agronómicas, Maracay, estado Aragua, Venezuela, trabajo N° 225, p. 94. Libro de Resúmenes.
- Gilabert de Brito, J., J. R. Pérez y B. Cid. 1989. Estimación de las necesidades actuales y potenciales de fertilizantes y enmiendas en función de los análisis de suelos. IV. Resultados de cálculos para 1989. MAC-FONAIAP-CENIAP. 20 p. (Serie C, No 24).
- Gilabert de Brito, J., I. López y R. Pérez. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia, MAC-FONAIAP-CENIAP, 39 p. (Serie D, N0 26).

- Godoy, S. 1997. Fosfatos de yacimientos en la nutrición animal. Tesis Doctoral. Maracay, Aragua, Venezuela. Doctorado en Ciencias Agrícolas, Comisión de Estudios de Postgrado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, 219 p.
- Godoy, S. y C. Chicco. 1991. Evaluación de fosfatos de yacimientos para la alimentación animal. **In:** II Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica. Revista Facultad de Agronomía (Casanova, E. y A. López). 17(1-4):281-298.
- Mogollón, L. y J. Comerma. 1994. Suelos de Venezuela. Gerencia Corporativa de Asuntos Públicos de PDVSA Palmaven, Caracas, Venezuela. 313 p.
- Rajan, S. S. S., E. Casanova and B. Truong. 2004. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rocks, with a case study análisis. **In:** Use of Phosphate Rocks for Sustainable Agriculture (Eds. F. Zapata y R.N. Roy), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13, Rome, Italy. p. 41-59.
- SAS Institute. 2002. The SAS System for Microsoft windows. Release 8.2. SAS Inst. Cary, North Carolina, USA.
- Tejos, R. y D. Plase. 1998. Alternativas de manejo de sabanas con bovinos a pastoreo. **In:** IV Seminario Manejo de Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal (Tejos, R.; Zambrano, C.; Mancilla, L.; Garcia W.; Camargo, M.). p. 15-30.
- United States Department of Agriculture. 2003. Keys to soil taxonomy. Ninth Edition. Natural Resources Conservation Services. USA. 332 p.
- Universidad Central de Venezuela. 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el Laboratorio General del Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Cuadernos Agronomía, Año 1(6):1-89.

AISLAMIENTO DE ADN DE CALIDAD PARA LA AMPLIFICACIÓN AL AZAR DE ADN POLIMÓRFICO DE MANGO¹

ISOLATION OF DNA SUITABLE FOR THE RANDOM AMPLIFICATION OF POLYMORPHIC DNA OF MANGO¹

Gustavo A. Saldaña* y Efraín G. Salazar*

¹ Trabajo financiado por el INIA y Fundacite- Aragua.

* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigadores Agropecuarias (CENIAP). Edif. 09. Campo Experimental CENIAP. Unidad de Biotecnología Vegetal. Zona Universitaria, vía El Limón. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.
Email: gsaldana@inia.gob.ve, esalazar@inia.gob.ve

RESUMEN

Con la finalidad de caracterizar los distintos genotipos del Banco de Germoplasma de mango del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) a través de RAPD, fueron ajustadas las condiciones para la extracción de ADN nuclear a partir de tejido foliar. Se realizaron pruebas para calibrar el buffer de extracción, comparándose 4 soluciones de lisis y las condiciones iniciales de incubación del tejido macerado. De igual manera se hicieron pruebas factoriales de niveles de pesos de tejido foliar y volumen de buffer de lisis y las condiciones de precipitación del ADN, lavado del sedimento final y efecto de la liofilización en la resuspensión del sedimento de ADN. De los 4 protocolos distintos de extracción, se obtuvo una mayor cantidad de ADN con la metodología desarrollada por Doyle y Doyle. Los mejores resultados se obtuvieron macerando 250 mg de tejido foliar joven en 900 µl de tampón CTAB 2X con Tris Base calentado a 60 °C, e incubando el macerado por 1 hora a la misma temperatura. El almacenamiento de las muestras a -20 °C hasta el día siguiente mejoró la precipitación del ADN al agregar isopropanol 98% frío. La incubación del ADN a 37 °C con la solución de lavado (etanol 70%) permitió obtener sedimentos blancos. Finalmente la resuspensión del sedimento de ADN se mejora al liofilizar los tejidos a -50 °C durante 3 h. La metodología probó ser eficiente con las variedades de mango, *Mangifera indica* L., estudiadas, permitiendo extraer ADN genómico en concentraciones superiores a 350 ng/µl en todos los casos.

Palabras Clave: *Mangifera indica* L.; mango; ADN genómico; germoplasma; extracción.

SUMMARY

In order to genetically characterize the different genotypes of the Mango Germplasm Collection of the National Center for Agricultural Research (INIA-CENIAP) through RAPD, conditions for DNA isolation from leaf tissue were adjusted. Tests for calibrating buffer extractions were done by comparing four lysis solutions and the initial conditions for incubating macerated tissue. Test to obtain optimal leaf tissue:lysis buffer ratio were performed. Also, DNA precipitation conditions, DNA pellet washing solutions and effect of liophylization on DNA pellet resuspension were studied. Of the four DNA extraction protocols studied, higher amounts of DNA were obtained with the Doyle and Doyle (1990) methodology. Best results were obtained by macerating 250 mg of leaf tissue with 900µl 2X CTAB-TRIS base lysis buffer, preheated at 60 °C. All the solution was incubated at 60 °C for 1 hr. Storing macerate at -20 °C for 24 hrs increased DNA precipitation when using cold 98% isopropanol. Washing pellets at 37 °C with 70% ethanol produced white sediments. Finally, improvements of resuspension of DNA pellet in TE buffer occurred when tissues were liophylized at 50 °C for 3 hrs. Methodology proved efficient to isolate DNA from all the studied varieties. DNA concentration was higher than 350ng/µl in all cases.

Key Words: *Mangifera*; mango; DNA; germoplasma; DNA isolation.

RECIBIDO: mayo 27, 2005

ACEPTADO: agosto 07, 2007

INTRODUCCIÓN

El mango, *Mangifera indica* L., se cultiva en más de 100 países y en todos los continentes, siendo el área plantada superior a 4 millones de hectáreas y la producción para 2005 superior a 29 457 millones de toneladas de fruta, de las cuales Venezuela contribuye con alrededor de 74 540 tm (FAO, 2007). El mango es en el país, el cuarto frutal más importante, y existen condiciones propicias para competir en el mercado internacional a través de la exportación de variedades introducidas como Haden, Tommy Atkins, Smith y otras; e incluso variedades “criollas” como Manga de bocado, Rosita, Manzana, entre otras (Avilán *et al.*, 1992).

Dada la importancia tanto económica, social como cultural de la especie, en el CENIAP se conserva y maneja con fines de investigaciones agronómicas uno de los bancos de germoplasma de mango más importantes de Venezuela y Latinoamérica con alrededor de 240 variedades y cerca de 700 entradas, las cuales se han caracterizado morfológica, agronómica y fisiológicamente.

Se hace necesaria la caracterización molecular de los individuos que allí se mantienen. Las técnicas moleculares han sido relevantes para el estudio de genomas vegetales, ofreciendo niveles de confiabilidad más elevados si se les compara con las que sólo se limitan a estudiar características morfológicas, anatómicas o ecofisiológicas.

Aún cuando existen metodologías para el aislamiento de ADN, Dellaporta *et al.* (1983); Bahl y Pfenninger (1996); Porebski *et al.* (1997) y Doyle y Doyle (1990), que han permitido trabajos en la caracterización molecular de mango (Adato *et al.*, 1995, López-Valenzuela *et al.*, 1997; Ravishankar *et al.*, 2000), se hace necesario ajustar las condiciones para la extracción y purificación de los ácidos nucleicos de las plantas de mango de la colección de germoplasma, para implementar los distintos tipos de técnicas moleculares y facilitar la identificación y caracterización de individuos, estimación de variabilidad genética, así como la identificación de genes de interés agronómico o ecológico.

El objetivo de este trabajo consistió en obtener una metodología de extracción de ADN genómico a partir

de tejido foliar de mango, en cantidades suficientes y en la calidad adecuada para la posterior realización de análisis genéticos mediante técnicas moleculares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron al azar y en 3 cuadrantes distintos de la fronda de cada árbol, hojas tiernas y jóvenes de los siguientes cultivares de mango pertenecientes a la colección de germoplasma del CENIAP en Maracay (ver Cuadro).

CUADRO. Variedades de mango de la colección de germoplasma del CENIAP utilizadas en el presente trabajo.

· 'Alphonso'	· 'Harris'	· 'Oscar'
· 'Altagracia'	· 'Hilacha'	· 'Paheri'
· 'Amini'	· 'Haden'	· 'Oliveira Netto'
· 'Bocado'	· 'Irwin'	· 'Palmer'
· 'Bombay'	· 'Julie'	· 'Peter'
· 'Borsha'	· 'Keitt'	· 'Pico e' Loro'
· 'Cambur'	· 'Kent'	· 'Quebrada'
· 'Camphor'	· 'Labich'	· 'Rosa Criolla'
· 'Ceylan'	· 'Langra Bernasi'	· 'Sensation'
· 'Edward'	· 'Llamarada'	· 'Smith'
· 'Fairchild'	· 'Lechosa'	· 'Springfels'
· 'Far'	· 'Mandoe'	· 'Tetenene Manzana'
· 'Ford'	· 'Manga Criolla'	· 'Tommy Atkins'
· 'Fresa'	· 'Manzana'	· 'Turnbull'
· 'Glenn'	· 'Martinica'	· 'Upata'
· 'Graham'	· 'Morada'	· 'Van Dyke'
· 'Zill'		

Además de las variedades de *M. indica* L., se incluyeron muestras de las especies *Mangifera odorata* y *M. altísima*.

Para la extracción del ADN genómico (ADNg) se probaron 4 metodologías: Dellaporta *et al.* (1983) con modificaciones; Bahl y Pfenninger (1996); Porebski *et al.* (1997) y Doyle y Doyle (1990) con modificaciones. En función de los resultados preliminares se calibraron varios factores considerados de importancia para la extracción del ADN(g), utilizándose la metodología de Doyle y Doyle (1990) como la base de la extracción. Para todas las experiencias, de calibración de la metodología se usaron hojas tiernas de las variedades Haden, Smith, Tommy Atkins y Kent.

Para calibrar el buffer de extracción se probaron las soluciones a) CTAB (bromuro de hexadeciltrimetilamonio) 2x en Tris -HCl, b) CTAB (bromuro de hexadeciltrimetilamonio) 2x en Tris -Base, c) SDS 20% en Tris-HCl 100 mM pH 8,30; EDTA 50 mM; NaCl 500 mM; β -mercaptoetanol 10 mM y d) Detergente comercial en polvo marca Súper-Líder®, y líquido, marca Brisol®.

De igual manera se calibró la relación masa de tejido foliar (g) *vs.*, el volumen del buffer de extracción, macerándose 150, 250, 350 ó 500 mg de tejido foliar en 700, 800, 900 ó 1000 μ l de buffer de extracción, respectivamente.

A fin de optimizar el proceso de extracción se utilizó el buffer de lisis a temperatura ambiente o calentado a 60 °C. El macerado posteriormente se colocó a incubar a 60 °C ó 70 °C por 15, 30, 60 y 120 min, respectivamente. Para el precipitado del ADN se probó la efectividad de alcohol etílico 98% e Isopropanol 98%, ambas soluciones se probaron a -10 °C y -20 °C, centrifugándose las muestras 10 min, 4 h y 24 h posteriores a agregarse el alcohol.

Del mismo modo, también fueron probadas las temperaturas bajo las cuales se incubó el sedimento de ADN con la respectiva solución de lavado, colocándose las muestras a 25, 37, -10 y -20 °C durante 10, 20 ó 30 min.

Una vez obtenido el sedimento de ADN (g) ya lavado se procedió a la resuspensión del mismo en buffer TE directamente del paso de lavado o previa liofilización a -50 °C. Todas las experiencias fueron realizadas por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 4 metodologías comparadas, la propuesta por Doyle y Doyle (1990) fue la que permitió el aislamiento de una mayor cantidad de ADN genómico intacto en las 4 variedades de mango seleccionadas. Los sedimentos aislados con esta metodología presentaron mayor tamaño y la coloración fue la más clara.

El uso de las soluciones detergentes comerciales no permitió visualizar sedimentos de ADN y en los pocos casos en que sucedió, los sedimentos presentaron longitudes inferiores a 3 mm y una coloración oscura intensa.

Por lo anterior, el resto de las pruebas de calibración se realizaron teniendo como base el protocolo de Doyle y Doyle (1990). Las metodologías de Dellaporta *et al.* (1983) y Bahl y Pfenninger (1996) permitieron aislar sedimentos de ADN (g) de coloración crema, pero al analizarlos electroforéticamente resultaron en ADNs degradados. Es posible que los detergentes comerciales tengan un alto contenido de impurezas y materiales que interfieren con el proceso de extracción.

En la Figura se tienen los resultados obtenidos al comparar las dos soluciones de lisis basadas en CTAB. Como puede observarse el buffer CTAB con Tris base permitió el aislamiento de ADN en todas las variedades estudiadas, resultando en moléculas intactas de ADN(g). El uso de Tris-HCL no fue efectivo para aislar el ADN en algunas variedades y los ADN aislados en algunos casos resultaron degradados.

Puede observarse además que las fracciones ARN están mejor separadas en la parte inferior del gel correspondiente a las muestras extraídas con CTAB-Tris base (ver Figura).

Las pruebas para determinar la relación masa de tejido: vol. de solución amortiguadora que mejor se ajustan a los requerimientos de extracción, permitieron determinar que la cantidad de tejido foliar a ser pesada oscila entre 250 y 270 mg (tejido pulverizado con N₂ líquido), y 900 μ l de la solución tampón. Cantidades menores de masa no fueron efectivas para la formación de un sedimento.

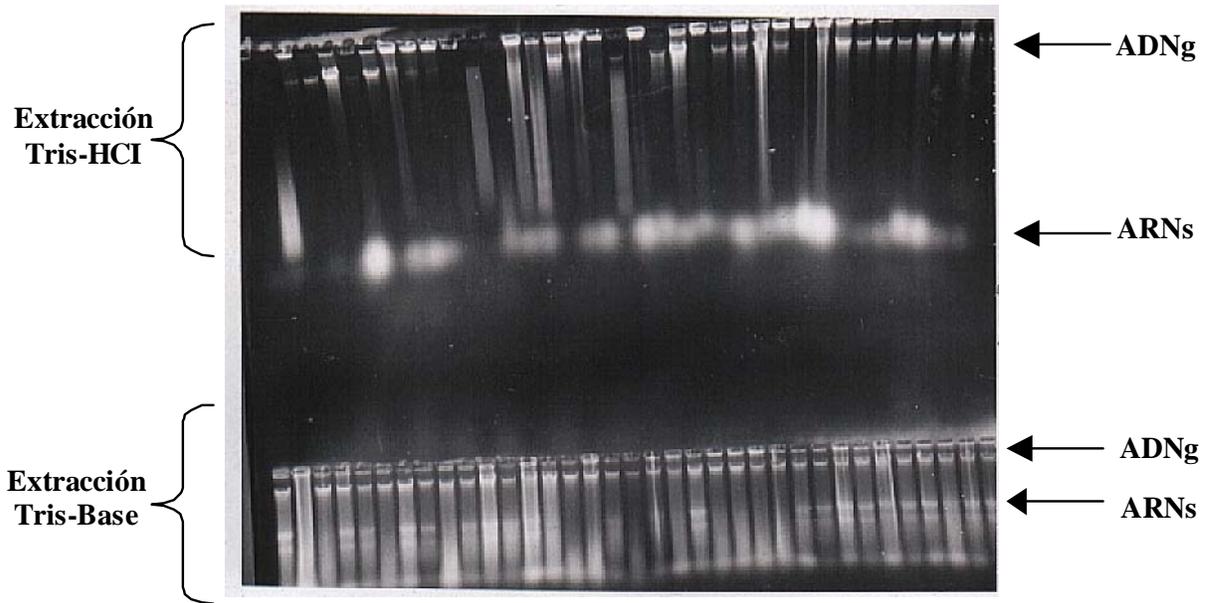


FIGURA. Electroforesis comparativo de protocolo de extracción de ADN según Doyle y Doyle (1990) con modificaciones, mostrando diferencias apreciables entre la utilización de los tampones Tris-HCl y Tris-Base.

El uso de menores cantidades de solución de extracción no permitió la formación de una pasta manejable dificultándose el manejo de las muestras. Estos resultados representan un sustancial ahorro de insumos así como la oportunidad de procesar un número mayor de muestras en menor tiempo. De igual manera, se puede aislar ADN(g) partiendo de cantidades pequeñas de tejido. Para evitar el oscurecimiento de las muestras, se incorporó PVP-40 3% y se incrementó la concentración de NaCl a 5 mM. Igualmente se complementó la solución de extracción con metabisulfito de sodio para un mejor control de la oxidación de los compuestos fenólicos susceptibles de degradación inmediata y que interfieren en la extracción.

El uso del buffer calentado a 60 °C fue más eficiente que al usar la solución a temperatura ambiente. De igual modo, la incubación a 60 °C durante 1 h fue el tratamiento que permitió aislar el sedimento de mayor tamaño y moléculas intactas.

Adicionalmente la incorporación de fenol equilibrado con el cloroformo-alcohol isoamílico provee una mejor limpieza de las muestras durante el proceso de extracción.

El almacenamiento de las muestras a -20 °C hasta el día siguiente fue eficiente para mejorar e incrementar la precipitación de los ácidos nucleicos con isopropanol. Los sedimentos resultaron más blanquecinos al incubarlos a 37 °C con la solución de lavado. De igual manera, la resuspensión de los sedimentos en buffer TE fue más rápida si se liofilizaron a -50 °C durante 3 h. La liofilización, permitió obtener el sedimento como un polvo blanquecino que fue capaz de disolverse de inmediato en la solución de lavado, propiedad relacionada con un proceso de extracción exitoso. Adicionalmente la liofilización minimiza el proceso de degradación de los ADN por nucleasas. La implementación de las modificaciones realizadas a este protocolo (Doyle y Doyle, 1990), permitió obtener cantidades adecuadas de ADN que oscilaron entre 300 – 500 ng / μ L de alta calidad.

CONCLUSIONES

Fue posible adecuar la metodología de Doyle y Doyle (1990) para el aislamiento del ADN genómico a partir de tejido foliar de mango. Así mismo, la metodología permite obtener cantidades de ADN genómico suficientes para realizar análisis moleculares posteriores. La metodología propuesta para el aislamiento del ADN contempla los siguientes pasos:

- Limpiar la hoja joven y verde, de textura suave no coriácea con etanol 70% y posteriormente agua destilada por ambas caras. Eliminar el pecíolo y la nervadura central y cortar la hoja en trozos pequeños.
- Pesar 250 mg de tejido foliar y pulverizarlo con nitrógeno líquido.
- Macerar el tejido pesado con 900 µl de tampón de extracción previamente calentado a 60 °C, e introducir el macerado en tubo Eppendorf® de 1,5 mL y 30 mg de metabisulfito de sodio por 1 h a 60 °C.
- Completar con 1 volumen de fenol (equilibrado) – cloroformo – alcohol -isoamílico o fenol – cloroformo – octanol (24:24:1) y mezclar con delicadeza por inversión del tubo.
- Centrifugar 12000 rpm durante 20 min y transferir sobrenadante a tubo limpio y estéril.
- Precipitar el ADN con 2/3 vol de isopropanol previamente enfriado a -20 °C y mover el tubo invirtiéndolo suavemente hasta que las hebras blancas de ADN se puedan apreciar con claridad.
- Almacenar a -20 °C hasta el día siguiente.
- Volver a balancear el tubo invirtiéndolo suavemente hasta que las hebras blancas de ADN se puedan agregar como un flóculo flotante.
- Centrifugar a 8000 rpm durante 15 min para sedimentar el ADN.
- Agregar 200 µl de solución de lavado (Alcohol etílico 70%) e incubar por 20 min a 37 °C.
- Centrifugar a 7000 rpm durante 10 min.
- Descartar la solución de lavado y liofilizar a -50 °C durante 3 h.
- Resuspender ADN en 30 µl de solución tampón T₁₀E₁ pH 7.1.
- Tratar con ARNasa “A” (20 µg/ml) a 37 °C durante 30 min.
- Verificar en electroforesis.
- Verificar en fluorometría o espectrofotometría.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al INIA-CENIAP por haber permitido el acceso al Banco de Germoplasma de Mango del cual se tomaron las muestras para la ejecución de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adato, A., D. Sharon, U. Lavi, J. Hillel and S. Gazit. 1995. Application of DNA fingerprints for identification and genetic analyses of mango (*Mangifera indica* L.) genotypes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(2):259-264.
- Avilán, L., F. Leal y D. Bautista. 1992. Manual de fruticultura. Edit. América C.A. Caracas, Venezuela.
- Bahl, A. and M. Pfenninger. 1996. A rapid method of DNA isolation using laundry detergent. *Nucleic Acids Research.* 24(7):1 587-1 588.
- Dellaporta, S. J., J. Wood and J. B. Hicks. 1983. A plant DNA miniprep: version II. *Plant Mol. Rep.* 1:19-21.
- Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12:13-15.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Base de datos estadísticas. **In:** <http://faostat.fao.org/site/336/DesktopDefault.aspx?>

- López-Valenzuela, J., O. Martínez and O. Paredes-López. 1997. Geographic differentiation and embryo type identification in *Mangifera indica* L. cultivars using RAPD markers. HortScience. 32(6):1 105-1 108.
- Porebski, S.; G. Bailey and B. Baum 1997. Modification of a CTAB DNA Extraction Protocol for Plants Containing High Polysaccharide and Polyphenol Components. Plant Molecular Biology Reporter 15(1):8-15.
- Ravishankar, K., L. Anand and M. Dinesh. 2000. Assessment of genetic relatedness among mango cultivars of India using RAPD markers. Jour. Hort. Sci. Biotech. 75(2):198-201.

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL INSECTICIDA ETOFENPROX 10,9%
PARA EL CONTROL DEL INSECTO SOGATA EN EL CULTIVO DE ARROZ,
EN CALABOZO ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA**

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INSECTICIDE ETOFENPROX 10.9%
FOR THE CONTROL OF THE SOGATA INSECT IN THE CULTURE OF RICE,
IN CALABOZO MIRANDA COUNTY, VENEZUELA**

Luis E. Vivas*, Dilcia Astudillo** y Luis Campos**

*Investigador. INIA- Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Email: lvivas@inia.gob.ve.

**Investigadores. Agroriesgo. Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Email: dilcita13@hotmail.com.

RESUMEN

Se realizaron estudios en campos de arroz, *Oryza sativa*, con riego ubicados en parcelas del Sistema de Riego Río Guárico (S.R.R.G.) y en la Estación Experimental Guárico entre los años 2002 a 2004. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el grado de eficacia de varias dosis de productos químicos para el control del insecto, *Tagosodes orizicolus* Muir, en campos de arroz. Se describe la metodología y forma de evaluar al insecto bajo condiciones de campo en el agrosistema del arroz. Se realizó la prueba de insecticidas para el control de *T. orizicolus*, utilizando un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y la fórmula de Abbot corregida para determinar el grado de eficacia. Las evaluaciones fueron realizadas a las 24 horas, 7 y 14 días después de aplicado el producto. Los mejores resultados fueron con: Etofenprox 10,9% (= Trebón i. a. g 11,5 y 9,0 g), los cuales presentaron grados de eficacia por encima del 70%. Se presenta la información de la prueba comercial del insecticida (Etofenprox 10,9%) a la dosis comercial en litros de 1,0 t ha⁻¹, para el control del insecto sogata (*T. orizicolus*) en las parcelas 163 y 521 del S.R.R.G en Calabozo, municipio Francisco de Miranda. Se consiguió un promedio de 82% de control de sogata en ambas parcelas.

Palabras Clave: *Oryza sativa*; eficacia; control químico; manejo de insectos plagas; *Tagosodes orizicolus*.

SUMMARY

Studies were conducted in rice, *Oryza sativa*, fields located at the Río Guárico Irrigation System (R.G.I.S.) and within the Guárico Experimental Station in Calabozo, Venezuela from the year 2002 to 2004. The objectives were to evaluate the degree of effectiveness of several doses of chemical agents to control *Tagosodes orizicolus* in rice fields. Methodology and forms to evaluate the sogata insect under field conditions of the rice agrosystem are described. A factorial experiment with 5 treatments in a completely random design with four replications and Abbot's corrected formula were used to determine the degree of effectiveness. Evaluations were performed 24 hours, 7 and 14 days after application of the products. Best results were for: Etofenprox 10.9% (= Trebón i. a. g 11.5 y 9.0 g), which displayed degrees of effectiveness over 70%. The best treatments for the control of the sogata insect were: Etofenprox (= Trebon i. a. g 11.5 y 9.0 g) with a 75% of effectiveness and Etofenprox (9 g i.a ha⁻¹) with a 70% of control. The information of the commercial test of the insecticide (Etofenprox 10%) with the commercial dose of 1.0 t ha⁻¹, for the control of the sogata insect in farm 163 and 521 of R.G.I.S in Calabozo, Miranda. County is presented. An average control of 82% of sogata planthopper was obtained in both farms.

Key Words: *Oryza sativa*; effectiveness; chemical control; management of insects; *Tagosodes orizicolus*; sogata planthopper.

RECIBIDO: enero 30, 2006

ACEPTADO: mayo 10, 2007

INTRODUCCIÓN

Anualmente en Venezuela, se siembran alrededor de 150.000 hectáreas, principalmente bajo régimen de inundación permanente, concentrándose la siembra en dos períodos: el lluvioso en los Llanos Occidentales y el seco en los Llanos Centrales en el área de Calabozo, la zona más importante del estado Guárico (Salas, 1991 y 1994; Aponte *et al.*, 1992; Sánchez, 1995; Vivas, 1997; Vivas *et al.*, 2002) en la cual el cultivo de arroz, constituye la actividad agrícola de mayor importancia.

Uno de los factores, aparte de las malezas, enfermedades y vertebrados plagas, que contribuye a minimizar los rendimientos, aumentar los costos de producción y disminuir la calidad de los productos cosechados lo constituye el ataque de insectos (Blanco y González, 1974; Tascón y García, 1985; Vivas, 1997; Vivas y Clavijo, 2000; Vivas *et al.*, 2001).

Los insectos plagas que afectan al arroz son muy similares en todas las zonas productoras del país. Dentro del complejo de plagas que afectan al arroz destacan el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith, la sogata, *Tagosodes orizicolus* Muir y los chinches, *Oebalus* sp. y *Tibraca* sp., que aún cuando se han estudiado, persiste la problemática año tras año (Aponte, 1990, FONAIAP, 1991; Vivas, 1997; 1999; Vivas *et al.*, 2002). Sin embargo; En el estado Guárico los daños se ven incrementados por la presencia de *T. orizicolus*, puesto que se encuentra íntimamente relacionada con la enfermedad viral denominada "Hoja Blanca" y que en altas poblaciones, provoca daño mecánico al cultivo, generando pérdidas en rendimiento (Castillo, 1978; Aponte *et al.*, 1992 y 1997; Vivas y Clavijo, 2000; Vivas, 2002).

En muchas partes del mundo, se han realizado numerosos aportes en la determinación del grado de eficacia de los productos químicos y biológicos para el control de las principales plagas que afectan al cultivo de arroz, sobre todo, en insectos tan importantes como el caso de *T. orizicolus*. Así se encuentran los trabajos de la Red del Mejoramiento de Arroz para el Caribe (1991) y los realizados en Cuba por Meneses *et al.* (1995; 1997). Del mismo modo, Weber (1986), Anónimo (1988), CIAT (1989); Pantoja (1997) en Colombia y Heinrichs *et al.* (1985) en Filipinas.

Desde el año 1987 hasta la actualidad, en el Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico (Calabozo) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), se han venido realizando estudios en el manejo de plagas que incluye la evaluación de productos químicos y biológicos de las plagas que afectan al rubro arroz, principalmente para el manejo del insecto *T. orizicolus* que constituye el insecto plaga más importante del arroz sobre todo durante la época de verano en el Sistema de Riego Río Guárico (Vivas, 1997 y 2003; Vivas y Clavijo, 2000; Vivas *et al.*, 2001-2002).

En vista de ello, es necesario estudiar los agroquímicos y productos microbianos con el fin de determinar sus bondades en el contexto del manejo integral del cultivo.

El objetivo del trabajo fue evaluar el grado de eficacia de varias dosis de productos químicos para el control del insecto, *T. orizicolus* en campos de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó la información proveniente de observaciones de campo en siembras comerciales de arroz y en lotes del INIA-Calabozo ubicadas en la zona arrocera del Sistema de Riego Río Guárico (SRRG); realizadas durante los ciclos de siembra de 2002-2003 y 2003-2004.

En relación con los materiales genéticos, se evaluaron las variedades: Fedearroz 50 y Cimarrón siendo ésta última una de las más cultivadas en la zona; estos materiales presentan tolerancia al daño mecánico del insecto y la variedad Cimarrón, muestra alta susceptibilidad al virus de la hoja blanca, mientras que Fedearroz 50 presentan moderada tolerancia (Vivas, 1997 y 2002).

Los conteos del insecto *T. orizicolus*, se realizaron a intervalos semanales empleando la malla entomológica; siguiendo los criterios que para el manejo de plagas ha implementado la Sección de Entomología del INIA-Guárico (Vivas, 1997, 2002 y 2003); que consiste en realizar 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado. Se aplicaron los tratamientos (Cuadro 1), cuando al inspeccionar el arroz se contabilizaron 15 adultos o ninfas de *T. orizicolus* por pase sencillo de malla; correspondiendo este

valor con el umbral de acción de la plaga (Vivas, 1997, 2002 y 2003).

Posterior a la aplicación, se realizaron evaluaciones con el fin de determinar el efecto insecticida a las 24, 48 y 72 h, luego a los 7 d y a los 14 d de aplicado el producto. La fecha de aplicación de los tratamientos: 22-04-2002 (ensayo 1) y 15-02-2003 (ensayo 2); las fechas de evaluación de tratamientos: 23-24-25-30-04-2002 y 05-05-2002 (ensayo 1) y 16-17-18-23- y 30-01-2003 (ensayo 2).

Además, se contabilizó el número de arañas de los géneros *Tetragnata* y *Argiope*, vaquitas depredadoras del género *Coleomegilla*, libélulas; así como, el número de adultos de *T. orizicolus* parasitadas.

En esas capturas de campo se colocaron los insectos atrapados en bolsas plásticas, las cuales fueron llevadas a la Estación Experimental y guardadas en nevera a 0 °C para su posterior conteo.

Para el análisis estadístico, se utilizó el paquete computacional statitxtic (1990) y SAS (1984) en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, se probó el producto etofenprox 10,9% EC a 4 dosis; el producto comercial monocrotophos 600 SL y un testigo absoluto; para determinar el grado de eficacia de los insecticidas, se empleó la fórmula de Abbot's (1925) y corregida por Rosenhein y Hoy (1987).

Fórmula de Abbot corregida,
$$P_{\text{correg}} = \frac{P_{\text{exp}} - P_{\text{cont}}}{1 - P_{\text{cont}}} \times 100$$
 (Rosenhein y Hoy, 1987)

El ensayo se realizó en el potrero 16, del Centro de Investigaciones Agropecuarias del INIA en Calabozo Estado Guárico; en suelos pesados de la serie Calabozo. Se empleó la variedad Cimarrón. La preparación del terreno fue realizada en suelo seco. El área experimental fue de 2 880 m², con un tamaño de parcelas: 5 m x 10 m = 50 m² y separación entre parcelas e hileras de 1,5 m.

Se realizaron las prácticas convencionales de preparación para la zona (ver Vivas, 1997), se utilizó una densidad de siembra de 140 kg ha⁻¹. Se aplicó, un control de malezas a los 25 d. La fertilización del arroz se realizó a los 30-35 d y un reabono a los 65 d de edad del cultivo.

El equipo de aplicación fue una asperjadora de espalda y un volumen de agua de 300 l ha⁻¹. El número de aplicaciones fue de una en cada ensayo. En el Cuadro 1, se puede observar los tratamientos y productos empleados en el ensayo.

Metodología de evaluación de plagas del arroz y la fitotoxicidad del producto

La fitotoxicidad al cultivo, se evaluó de la siguiente forma: Las evaluaciones se realizaron a las 24,48 y 72 h post-aplicación, utilizando la escala visual de puntuación EWRS del 1 al 9.

CUADRO 1. Número de tratamientos. Producto, ingredientes y dosis por hectárea.

Trat.	Producto	Ingrediente activo	Formulación	Dosis		
				g l ⁻¹	(g i.a ha ⁻¹)	l ha ⁻¹
T1	TREBON	Etofenprox	10,9% EC	109	4,6	0,50
T2	TREBON	Etofenprox	10,9% EC	109	6,9	0,75
T3	TREBON	Etofenprox	10,9% EC	109	9,0	1,00
T4	TREBON	Etofenprox	10,9% EC	109	11,5	1,25
T5	INISAN	Monocrotophos	600 SL	600	1,7	1,00
T6	Testigo Absoluto	-----	-----	----		

Escala visual de puntuación EWRS del 1 al 9:

Puntuación	Síntomas de intolerancia
1	Ausencia absoluta de síntomas, plantas sanas
2	Síntomas muy leves
3	Síntomas leves claramente apreciables
4	Clorosis
5	Fuerte clorosis, atrofas
6,7,8,9	Daños crecientes hasta la muerte del cultivo

Por otro lado, en un ensayo semicomercial (ensayo 3), se seleccionaron 2 fincas comerciales de arroz con riego para probar una dosis única del producto comercial Trebón a 1,0 l ha⁻¹. Las parcelas fueron: 152 (Carretera B) y 173 Carretera Nacional del SRRG; presentando suelos pesados de la serie Calabozo. La variedad empleada para la parcela 152 fue Cimarrón y en la parcela 173 la variedad Fedearroz 50. La preparación del terreno fue realizada en suelo húmedo.

El procedimiento para cada parcela, se reseña a continuación:

En la Parcela 163; fecha de siembra: 15 de diciembre de 2003, se realizó la evaluación inicial el 12-01-2004, se aplicó el producto: 13-01-2004, en 10 hectáreas, se evaluaron 10 puntos, con la malla entomológica; 5 pases dobles de malla por punto muestreado, por cada evaluación. Se ejecutaron evaluaciones a las 24 h, 7 d y 14 d. A una dosis única (1,0 l ha⁻¹); la aplicación en forma aérea.

En la parcela 521, se siguió similar metodología con las siguientes características: Fecha de siembra: 09-12-2003. Evaluación inicial: 18-01-2004. Fecha

de aplicación del producto: 19-01-2004. En 13 ha se evaluaron 10 puntos, en cada evaluación empleando la malla entomológica; 5 pases dobles de malla por punto cada evaluación. Se realizaron evaluaciones a 24 h, 7 d y 14 d. A una dosis única (1,0 l ha⁻¹). La aplicación en forma aérea en el cultivo de arroz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al cultivo ubicado en lotes del INIA-Guárico, se evaluó semanalmente empleando la malla entomológica, con el objeto de cuantificar las poblaciones de *T. orizicolus*, los cuales alcanzaron el umbral de acción el 21-04-2002 y 14-02-2003, respectivamente; por ello, se procedió a la aplicación de los tratamientos insecticidas el 22-04-2002 (ensayo 1) y 15-02-2003 (ensayo 2); tal como se observa en el Cuadro 2. El umbral de acción para el insecto sogata y que por ende, amerita un control químico, deben ser igual o superior a los 15 adultos o ninfas del insecto por pase sencillo de malla para una cultivo entre 25 a 30 d (Vivas, 1997, 2002 y 2003); de este modo, el número promedio de insectos, producto de la toma de 10 muestras fue de 15,40 por pase sencillo de red entomológica (Cuadro 2), momento en el cual se aplicaron los tratamientos.

A los tratamientos se les practicó evaluaciones a las 24, 48, 72 h, 7 y 14 d; (Cuadro 3), en donde se puede apreciar los adultos del insecto, con esta información se estimó el grado de eficacia a cada tratamiento, aplicando la fórmula de Abbot's (1925) corregida por (Rosenhein y Hoy, 1987), como se observan en los Cuadro 4 y 5.

CUADRO 2. Evaluación previa a la aplicación. Promedio de un pase sencillo de malla entomológica por punto muestreado de adultos de *T. orizicolus*. INIA-Guárico. Ciclos: 2001-2002 y 2002-2003(*).

Evaluación (Puntos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio general
Promedio de Insectos	12	15	18	25	12	12	13	17	16	14	15,4

(*). Información producto de dos ensayos de campo.

CUADRO 3. Adultos del insecto *T. orizicolus* vivos, producto de 5 evaluaciones y promedio de 4 repeticiones. Ciclos 2001-2002 y 2002-2003.

Tratamientos/Rep.	24 horas	48 horas	72 horas	7 días	14 días
T1	3,75	2,25	3,75	1,75	18,5
T2	4,25	2,25	2,50	2,75	18,5
T3	3,50	1,75	2,25	2,75	17,5
T4	1,75	0,75	1,75	3,25	17,5
T5	4,75	2,75	4,75	4,25	21,5
T6 (Testigo)	14,00	15,75	14,75	13,25	30,75

CUADRO 4. Grado de eficacia de los insecticidas para los tratamientos en adultos de *T. orizicolus*. Ciclos 2001-2002 y 2002-2003.

Tratamientos	24 horas	48 horas	72 horas	7 días	14 días	PromedioGeneral
T1	60,0	73,5	61,7	80,2	48,7	64,82
T2	56,7	75,0	74,5	80,0	50,7	67,38
T3	66,7	78,2	77,7	78,0	50,7	70,26
T4	82,2	91,0	82,0	64,0	53,7	74,59
T5	47,2	65,0	67,0	64,5	42,2	57,18

(*)Datos transformados: Transformación angular o Arcoseno.

$$\text{Arcoseno} \sqrt{\text{Porcentaje}/100} = \text{Seno}^{-1} \sqrt{\text{Porcentaje}/100}$$

CUADRO 5. Prueba de media de Duncan para los tratamientos con datos transformados y medias originales en el ensayo. Ciclos 2001-2002 y 2002-2003.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5
Duncan datos transformados	53,78bc	56,14ab	57,49ab	61,61a	48,78c
Duncan con medias originales	64,82bc	67,38ab	70,26ab	74,59a	57,18c

(-)Medias seguidas por una misma letra común, no son significativamente diferentes en el nivel de 5%.

$$\text{Fórmula de Abbot corregida, } P_{\text{correg}} = \frac{P_{\text{exp}} - P_{\text{cont}}}{1 - P_{\text{cont}}} \times 100 \text{ (Rosenhein y Hoy, 1987)}$$

Para el análisis estadístico fue necesario modificar los datos a la transformación angular o arcoseno puesto que dichos datos estaban expresados como porcentaje, estos tienden a una distribución binomial, en vez de una distribución normal. Una de las características de esta distribución es que las varianzas se encuentran relacionadas con las medias. En los datos binomiales las varianzas tienden a ser pequeñas en los extremos de los rangos de valores (cerca de 0 y a 100%), pero mayores en el medio (alrededor del 50%), Chacín, 1999; Little y Hills, 1976; Castañeda, 1981; Spiegel, 1992.

La transformación apropiada para este tipo de datos recibe el nombre de angular o arcoseno. Esta se obtiene mediante la determinación del ángulo cuyo seno es la raíz cuadrada de la proporción (porcentaje/100 = x), expresada en notación matemática, ésta es: $\text{arcoseno } \sqrt{x}$ o $\text{Sen}^{-1} \sqrt{x}$. (Little y Hills, 1976; Steel y Torrie, 1985).

Con el análisis de varianza realizado a estos datos, se evidenció que como el F observado para los tratamientos resultó altamente significativo con una probabilidad ($P < 0,001$); se concluyó que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y entre las fechas de evaluación ($P < 0,0001$).

Para detectar las diferencias que existen entre los tratamientos, se ejecutó la separación de medias, aplicando la prueba de rango múltiple de Duncan (Cuadro 5), los mejores tratamientos fueron: T4 (Etofenprox 1,25 l ha⁻¹), T3 (Etofenprox 1,00 l ha⁻¹) y T2 (Etofenprox 0,75 l ha⁻¹) en los cuales las medias no son significativamente diferentes a el nivel del

5%; por lo que, se muestran satisfactorios en el control del insecto sogata, siendo efectivo hasta por 14 d y con eficacias del 75, 70 y 67%, respectivamente. Similares resultados los señalan, Fujimura (1988) y Ozaki (1988) para el control de los homópteros, *Sogatella frucifera* y *Nilaparvata lugens*, ambos transmisores de enfermedades virales en el cultivo de arroz en Japón y en general en el continente Asiático.

De la misma manera en Colombia; Rohm y Hass (2000) cita el producto, para el control de *Spodoptera frugiperda*, *Hydrellia* sp., *Tagosodes orizicolus*, *Lissorhoptus oryzophilus* y para los chinches, *Tibraca* sp. y *Oebalus* sp., a dosis entre 0,70 y 1,0 l ha⁻¹; mientras que Anzola (2002) en Venezuela, lo menciona para el control de plagas hortícolas y cereales a las dosis de 0,15 a 1,5 l ha⁻¹. El etofenprox es reconocido y aprobado por EPA (USA) en 1998.

Del mismo modo, para detectar las diferencias entre las fechas de evaluación, se empleó la separación de medias de la prueba de rango múltiple de Duncan (Cuadro 6), en donde se puede apreciar que no existen diferencias en control al nivel del 5%, a las 48 h, 72 h y a los 7 d, variando entre 72 y 76% y encontrándose por debajo del 50% a los 14 d. Igualmente, se apreció un buen control inicial, por encima del 60% (24 h). Similares resultados son registrados por el Servicio de Sanidad Vegetal (1998) e Infoagro (1998, 1999) para el control de chinches del arroz de la especie, *Eysarcoris ventralis* en España, así como en áfidos, mosca blanca, *Bemisia tabaci*, en cítricos y hortalizas como el tomate con control hasta por 14 d.

CUADRO 6. Prueba de medias de Duncan para las fechas de evaluación con los datos transformados y medias originales en el ensayo. Ciclos 2001-2002 y 2002-2003.

Tratamientos	24 horas	48 horas	72 horas	7 días	14 días
Duncan datos transformados	53,02b	62,21 a	59,00ab	60,09a	43,46c
Duncan con medias originales	62,6b	76,55 a	72,6a	73,35a	49,25c

Resultados del ensayo semicomercial en parcelas del Sistema de Riego Río Guárico

En las parcelas 152 y 173, se realizaron evaluaciones iniciales con el fin de cuantificar las poblaciones del insecto sogata empleando la malla entomológica y ejecutando la misma metodología reseñada para los ensayos anteriores. En los Cuadros 7 y 8, se puede apreciar dicho conteo y se observa que la parcela 152, presento 49,9 sogatas en un promedio de 10 evaluaciones, mientras que en la parcela 173, se contabilizaron 25 insectos; momento en el cual se procedió a la aplicación del producto a evaluar. Así mismo, se pudo determinar el número de arañas, el cual fue ligeramente superior en la parcela 173 con relación a la parcela 152 (1,8 contra 0,8 individuos promedio).

A las parcelas mencionadas, se les practicó evaluaciones a las 24 h, 7 y 14 días después de aplicado el producto comercial (Cuadro 9); en donde, se aprecia el número de insectos vivos de sogata y arañas. Con esta información y la evaluación preliminar (Cuadros 7 y 8); se estimó el grado de eficacia del producto Etophenrox (1,0 l/ha), aplicando la fórmula

de Abbot's (1925) citada por Bayer (1963) y modificada por Rosenhein y Hoy (1987). Dicha información, se presenta en el Cuadro 10.

En el Cuadro 10, se observa que en la parcela 152, el porcentaje del control del producto Etophenrox sobre el insecto fue de 91% (24 h), 86% (7 d) y a 88% (14 d), presentando en promedio 88%; mientras que en la parcela 173, se observó una eficacia en control de 64% a las 24 h y de (85% y 78%) a los 7 y 14 d, respectivamente; para un promedio de 76%; un tanto menor que para la parcela anterior. En ambos casos el análisis de varianza resultó ser no significativo con una probabilidad ($P \leq 0,292$), no existiendo diferencias entre las 3 evaluaciones en ambas parcelas, observándose un promedio general de 82%, bastante alto. Similares resultados los señala Vivas (1999).

En relación con el número de arañas presentes, se observa un ligero repunte en las fechas sucesivas de evaluación del producto en ambas parcelas, pero que no resulta concluyente, se recomienda, realizar más ensayos para determinar el efecto del producto etofenprox sobre la población de arañas y otros artrópodos benéficos.

CUADRO 7. Evaluación preliminar del insecto sogata (*T. orizicolus*) en 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado en la Parcela 152. Ciclo 2003-2004.

Evaluación(Punto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Nº Insecto sogata	19	69	61	88	69	61	41	30	32	29	49,9
Arañas	4	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0,8

CUADRO 8. Evaluación preliminar del insecto sogata (*T. orizicolus*) en 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado en la Parcela 173. Ciclo: 2003-2004.

Evaluación(Punto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Nº Insecto sogata	10	34	23	28	53	27	8	24	23	20	25,0
Arañas	6	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1,8

CUADRO 9. Resultado de las evaluaciones del insecto sogata y arañas, empleando la malla entomológica, 5 pases dobles de malla por punto, después de aplicado el producto Etofenprox por parcela. Ciclo 2003-2004.

Evaluaciones	24 Horas		7 Días		14 Días	
	N° Individuos		N° Individuos		N° Individuos	
	Sogata	Arañas	Sogata	Arañas	Sogata	Arañas
Parcela 152Prom. (*)	4,3	1,4	7,3	0,1	4,6	0,4
Parcela 173Prom. (*)	7,1	2,3	3,8	3,0	4,4	2,7

(*) Promedio de 10 evaluaciones, arañas de la especie *Tetragnatha* spp.

CUADRO 10. Grado de eficacia insecticida del producto Etophenrox en el control del insecto Sogata. En tres evaluaciones. Parcelas 152 y 173. Ciclo: 2003-2004.

Eficacia	% De Control			
	24 Horas	7 Días	14 Días	Prom.
Parcela 152Prom.	91	86	88	88
Parcela 173Prom.	64	85	78	76
Promedio General	77,5a	85,5a	83,0a	(82)

$$\text{Fórmula de Abbot corregida, } P_{\text{correg}} = \frac{P_{\text{exp}} - P_{\text{cont}}}{1 - P_{\text{cont}}} \times 100 \text{ (Rosenhein y Hoy, 1987)}$$

CONCLUSIONES

- Los mejores tratamientos para el control del insecto *T. orizicolus* fueron con etofenprox a las dosis de 1,25 y de 1,0 l ha⁻¹.
- La mejor fecha de control fue a las 48 h, seguida por 24 h.
- De la evaluación semicomercial en dos parcelas, se observó un grado de control en el orden de un 82%.

AGRADECIMIENTO

A los investigadores y técnicos del INIA-Calabozo por su apoyo y colaboración y especialmente al Doctor Rafael Acosta.

BIBLIOGRAFÍA

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.

- Anónimo. 1988. Manejo integrado de plagas de arroz. CIAT Cali-Colombia. (Mimeografiado). 26 p.
- Anzola, L. H. M. 2002. Índice agropecuario. Edición XXVII. Agroquímicos (B): 160 p.
- Aponte, O. 1990. Manejo integrado de plagas en arroz. Maracay, Venezuela. FONAIAP. Estación Experimental Portuguesa. 36 p. (Serie B N. 13).
- Aponte, O., L. Vivas, L. Escalona, L. M. Ramírez y P. Freitez. 1992. Manejo integrado de artrópodos plaga en el cultivo del arroz en Venezuela. Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en Tecnología de Producción de arroz, CIAT - BID - FONAIAP - APROSELLO - APROSELLAC - UNELLEZ. Cali, Colombia. 144 p.
- Aponte, O., L. Vivas, L. Escalona y P. Castillo. 1997. Manejo integrado de artrópodos plaga en arroz. Unidad de Aprendizaje para la Capacitación en Tecnología en la Producción de arroz, FONAIAP FUNDARROZ UCV - IUTEP. Acarigua, Venezuela. 59 p.
- Bayer. 1963. Bases para ensayos Fitosanitarios de campo. Multigrafiado. 16,3:160-169 p.
- Blanco, E. D. y H. González. 1974. Algunas medidas del combate de *Sogata Sogatodes oryzicola* (Homoptera delphacidae) en arroz, en la zona de Calabozo. Boletín Informativo. Estación Experimental de Calabozo. 1(2):3-13 p.
- Castillo, P. 1978. Informe anual de la sección de entomología. FONAIAP, Acarigua, Portuguesa. 25 p.
- Castañeda, P. R. 1981. Diseño de Experimentos aplicados. Primera reimpresión. Editorial Trillas S.A. México. 344 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1988. Manejo Integrado de Plagas del Arroz. Programa Arroz del CIAT. Cali-Colombia. Multigrafiado. 20 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. El manejo integrado de plagas del cultivo de arroz. Contenido científico: Georg Weber. Cali, Colombia. CIAT. 69 p.
- Chacin, F. 1999. Postgrado de Estadística. Facultad de Agronomía. U.C.V.(Maracay). 79 p.
- Environmental Protection Agency. U. S. (EPA). 1998. Index of cleared science reviews, Etofenprox (Pc copde 128965). Byron Backus. Technical Review Branch RD. EPA File Symbol: 33657-O Etofenprox Aerosol. Six acute toxicity studies on this formulation. MRIDs 43662903 thru 43662908. Memorandum, 11p. Página Web: <http://www.epa.gov/pesticides/foia/reviews/128965.htm>
- FONAIAP. 1991. Informe Anual de la Sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. 18.
- Fujimura, T. 1988. Insecticides: Rice and others cereals. Evaluation of Candidate Pesticides (1988). Japan Pesticide Information. 54:28-42 p.
- Henderson, C. F. and E. W. Tilton. 1955. Test with acarides against the brown wheat mite. J. Econ. Entomol. 48:157-161 p.
- Heinrichs, E. A., F. C. Medrano and H. R. Rapusas. 1985. Genetic evaluation for insect resistance in rice. IRRI Los Baños, Filipinas. 138 p.
- INFOAGRO. 1998. Ficha técnica comercial del etofenprox EC concentrado emulsionable, en España. 4 p. Pág. Web: http://www.infoagro.com/agrovademecum/fito_m.asp?nreg=19383
- INFOAGRO. 1999. El cultivo de arroz. Capítulo 10, plagas y enfermedades. 3 p. Página Web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm#10.1.%20PLAGAS>.
- Little, H. T. y F. S. Hills. 1976. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Editorial Trillas. S. A. México. 271 p.
- Meneses, C. R., Y. Gutiérrez, R. García, P. G. Antigua y S. J. Gómez. 1995. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de investigaciones del arroz. Est. Exp. del Arroz "Sur del Jibaro". Cuba. (Mimeografiado). 26 p.
- Meneses, C. R., Y. Gutiérrez, R. A. García, P. G. Antigua y S. J. Gómez. 1997. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de investigaciones del arroz. Est. Exp. del Arroz "Sur del Jibaro". Cuba. (Mimeografiado). 24 p.

- Ozaki, K. 1988. Effective application of mixtures Insecticide. Japan Pesticide Information. Nº 54. 17-22 p.
- Pantoja, A., A. Fischer, F. Correa-Victoria, L. R. Sanint y A. Ramírez. 1997. MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y malezas. Calí, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (Publicación CIAT Nº 292). 141 p.
- Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe. 1991. Mesa redonda sobre protección vegetal. Santa Clara, Cuba. 107 p.
- Rohm and Hass. 2000. Trebón, Insecticida de bajo impacto ambiental en arroz. Díptico. 4 p.
- Rosenhein, J. A and M. Hoy. 1987. Confidence intervals for Abbott's Formula correction of bioassay data for control response. J. Econ. Entomol. 82(2):331-335.
- Salas, I. D. 1991. Arroz en Venezuela: Avanza el Plan colaborativo de investigación. CIAT-Colombia. Arroz en las Américas. 12(1):2-4.
- Salas, I. D. 1994. Informe del Concejo Consultivo Nacional del Arroz. (Mimeografiado). 10 p.
- Sánchez, C. E. 1995. El Arroz, Estrategia Agrícola y Alimentaria en Venezuela. III Taller Nacional sobre la importancia del arroz. IUT - Los Llanos. Editorial Corprensa. 275 p.
- SAS. Institute Inc. 1984. Guide for personal computers. Sexta edición. Cary, North Caroline. 378 p.
- Servicio de Sanidad Vegetal (España). 1998. Insecticidas autorizados en arroz. Boletín fitosanitario de avisos e informaciones. Badajoz-Merida, España. Número 18: 12 p. Pagina Web: http://www.juntaex.es/consejerias/aym/dgpifa/sanidad%20vegetal/1998/bo_18.htm
- Spiegel, N. R. 1992. Estadística. Editorial McGraw-Hill. Interamericana de México, S.A. Segunda edición. 556 p.
- STATIXTIC. 1990. Paquete computacional. Segunda edición. 100 p.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. Segunda edición. Colombia, .622 p.
- Tascon, E. y D. García. 1985. Arroz: Investigación y Producción. CIAT, Cali, Colombia. 696 p.
- Vivas, L. E. 1997. Dinámica poblacional de la sogata del arroz *Tagosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae) en el Guárico Occidental. Tesis de maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 147 p.
- Vivas, L. E. 1999. Las plagas del arroz. Boletín Resiembra. Año 1, Nº 2. 7 p.
- Vivas, L. E. y S. Clavijo. 2000. Fluctuación poblacional de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera : Delphacidae) en el sistema de riego Río Guárico, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Bol. Entomol. Venezuela. 15(2):217-227.
- Vivas, L. E., S. Clavijo y H. González. 2001. Distribución temporal y espacial en poblaciones de *Sogata Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 Homoptera : Delphacidae y número óptimo de muestras para su estimación en el cultivo de arroz, en Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola 6: 1. Disponible en Internet. URL: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen6/art1/index.html>
- Vivas, L. E. 2002. Manual de insectos plagas de arroz. INIA-SINGENTA. Maracay-Venezuela. Diseño y diagramación: Comunicación grafica C.A (Maracay, Edo. Aragua). Primera edición. 30 p.
- Vivas, L. E., L. Lugo, M. Acevedo y S. Clavijo. 2002. Determinación de la preferencia de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera: Delphacidae) sobre variedades de arroz, Calabozo Estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola. 7:5. Disponible en Internet. URL: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen7/art5/index.html>.

Vivas, L. E. 2003. Manual de insectos plagas del arroz. INIA –Syngenta. Maracay, Venezuela. Primera edición. 30 p.

Weber, G. 1986. Manejo integrado de plagas. Un ahorro y una inversión. CIAT-Colombia. Arroz en las Américas. 7(2):1-7.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 13 VARIEDADES DE ARROZ VENEZOLANAS

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF 13 RICE VENEZUELAN VARIETIES

María Montoya*, Nohelia Rodríguez*, Iris Pérez-Almeida*, Jenny Cova** y Luis Alemán**

* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: nrodriguez@inia.gob.ve; iperez@inia.gob.ve

** Investigadores. INIA. Portuguesa. E-mail: montoya@inia.gob.ve; laleman@inia.gob.ve

RESUMEN

En Venezuela el arroz, *Oryza sativa* L., es el tercer cereal de mayor consumo por la población, al cual se le realizan continuos estudios en busca del mejoramiento genético. Actualmente existen pocas referencias relacionadas con la caracterización morfológica de las variedades en el país bajo una misma condición experimental. En este sentido, se describieron 13 variedades, sembradas en conjunto con 35 líneas élites bajo un diseño de alfa latticce (6*8), con 2 bloques, en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) CIAE-Portuguesa, a fin de evaluar 41 caracteres usando los descriptores sugeridos por la Unión de Protección de Obtentores Vegetales UPOV y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), durante todas las etapas del cultivo, incluida la calidad culinaria, molinera y la incidencia de las principales enfermedades. Bajo las condiciones de este estudio se encontró que no hubo diferencias significativas entre el rendimiento de las variedades, sólo el 38,46% presentaron valores inferiores al 17% de grano yesoso más panza blanca, en rendimiento de grano entero el 61,54% de los materiales fue menor del 47% y más del 96% de las variedades presentaron valores intermedios de contenido de amilosa. Los fitopatógenos que afectaron al mayor número de materiales con una incidencia entre 5% y 25%, fueron *Sarocladium oryzae* y *Helminthosporium* spp. En general, a través de la descripción se determinó que las variables cualitativas nominales son iguales para todas las variedades, a diferencia de las cualitativas ordinales y las cuantitativas, que si permiten una descripción diferencial entre las variedades.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L; morfología; caracterización; variedades; descriptores; calidad culinaria.

RECIBIDO: abril 02, 2007

SUMMARY

In Venezuela, rice, *Oryza sativa* L., is the third cereal of human consumption, to which continuous studies are performed in search of genetic improvement. Nowadays there are few references involving morphological characterization of the main varieties used in Venezuelan rice production under the same experimental conditions. In this respect, we described 13 rice varieties available in our country and 35 elite lines jointly planted under alfa latticce (6*8) design with two blocks at INIA-Portuguesa experimental field, in order to evaluate 41 characters using the descriptors suggested by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) and the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) during all crop developmental stages, including culinary and milling quality, and disease incidence. Under this study we found no significant differences among varieties yield, only 38.46% of the studied varieties presented less than 17% chalky plus white belly grains. Concerning the yield of whole grain 61.54% of the materials had less than 47% and more than 96% showed intermediate values for amylose content. *Sarocladium oryzae* and *Helminthosporium* spp affected higher number of materials with an incidence between 5 and 25%. Broadly speaking, through the morphological assessment we determined that qualitative nominal variables are the same for all the materials, whereas qualitative ordinal and quantitative variables differ, thus allowing to achieving a differential description among genetic materials.

Key Words: *Oryza sativa* L.; morphology; characterization; varieties; descriptors; culinary quality.

ACEPTADO: mayo 17, 2007

INTRODUCCIÓN

Las variedades de arroz, *Oryza sativa* L., de riego sembradas en el país pertenecen al grupo Indica y en la mayoría de los casos derivan a partir de selecciones introducidas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, con excepción de algunas variedades como CIMARRÓN que fue introducida desde Taiwán (Páez y Ortiz, 2003).

Las variedades de arroz cultivadas han ido variando en los últimos años, mediante una gradual renovación de las más antiguas, en función de mejores características; provocando la sustitución de determinadas variedades, por ejemplo ARAURE-1, ARAURE-2, ARAURE-3, ACARIGUA 50, CHOLLET, CIARLLACEN 1, FONAIAP-2, LLANERO-22, PORTUGUESA-I, entre otras variedades, han dejado de utilizarse en el país pues los nuevos cultivares ofrecen mayor rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades, así como posiblemente otras características agronómicas favorables.

Las principales zonas productoras de arroz en el país se dividen en dos regiones geográficas: región de los Llanos Centrales y región de los Llanos Occidentales. La primera corresponde al estado Guárico, ubicada en el centro de la región Llanera, con rendimientos de la zona oscilando entre 5 500 y 6 000 kg ha⁻¹ de arroz paddy húmedo. La región de los Llanos Occidentales, incluye principalmente los estados Portuguesa y Cojedes, con rendimientos unitarios de la zona oscilan entre 5 000 y 5 500 kg ha⁻¹ de arroz paddy (Páez, 2004).

En Venezuela se han liberado algunas variedades, de las cuales LLANERO-501, CHOLLET, ACARIGUA-50, PORTUGUESA-I, PORTUGUESA-II, y LLANERO MEJORADO, fueron liberadas entre 1953 y 1970, provenientes de cruces simples y recíprocos llevados a cabo por las instituciones de investigación del Estado.

Desde 1970 al 2007 fueron liberadas las variedades ARAURE-1, ARAURE-2, CIARLLACEN, ARAURE-3, ARAURE-4, PALMAR, CIMARRÓN, FONAIAP-1, FONAIAP-2000, FUNDARROZ PN1, VENEZUELA-21 y CENTAURO, provenientes de la evaluación y selección de materiales introducidos, programas locales de cruces simples y triples realiza-

dos instituciones del Estado o en alianzas estratégicas con instituciones del entorno (Álvarez *et al.*, 2004).

El mejoramiento privado ha liberado algunas variedades de importancia comercial como D-PRIMERA, D-SATIVA y D-ORYZA de la Fundación DANAC (Torrealba *et al.*, 2005), ZETA-15 de Agroservicios MIDA (Módulos Integrados de Desarrollo Agrícola) y BUTZINA de Productores Asociados Chispa, también se han realizado introducciones como es el caso de FEDEARROZ-50 introducida por APROSC-CELLO¹.

SENASA (2005) indicó que las variedades más distribuidas por las empresas semilleras de Venezuela pertenecían a las variedades de arroz: FEDEARROZ-50, FONAIAP-1, CIMARRÓN, D-SATIVA, ZETA-15, FONAIAP-2000, PALMAR, VENEZUELA -21, FUNDARROZ PN1 y ARAURE-4, mientras que el informe técnico SENASA de 2007 indicó las variedades FEDEARROZ-50, D-SATIVA, VENEZUELA-21, FEDEARROZ 2000, FONAIAP-1, CIMARRÓN y CENTAURO, con una producción de 21 270 699 tm eran las más multiplicadas en el país, esto indica que el sistema productivo es dinámico y existe una renovación de variedades en función a sus características agronómicas y de calidad.

Cuando las variedades entran en desuso pueden utilizarse como progenitores en planes de mejoramiento genético y ser combinadas con introducciones de arroz con el objetivo de generar poblaciones segregantes, culminando con la obtención de nuevas variedades con altos rendimientos, buenas características agronómicas, resistencia a las principales plagas, enfermedades y buena calidad de grano procurando satisfacer las expectativas de los productores, agroindustria y consumidores (Delgado, 2005).

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológicamente 13 variedades de arroz disponibles en Venezuela, de origen público y privado, para conocer de manera detallada las características de los mismos bajo una determinada condición experimental, la cual permitirá suministrar información a diversos usuarios como productores de arroz y mejoradores, estos últimos dispondrán de materiales bases para sus programas de mejoramiento de acuerdo a los objetivos de los mismos.

¹ Ingeniero. Luis Urdaneta. SENASA INIA 2006. comunicación Personal

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El ensayo fue sembrado en campo en febrero de 2005, en una parcela experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Araure, estado Portuguesa, donde se evaluaron las características morfológicas, rendimiento y sanitarias tanto en floración como en maduración. Las observaciones postcosecha se realizaron en el laboratorio de semillas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (Maracay, estado Aragua) y en el laboratorio de calidad de grano de la Fundación DANAC (San Javier, estado Yaracuy).

Material Vegetal: se utilizaron 13 variedades comerciales (Cuadro 1) de arroz, existentes en Venezuela procedentes del sector público (INIA) y privado (Fundación DANAC).

Diseño en campo: fue empleado un diseño alfa lattice (6*8), que incluía 48 genotipos repetidos en dos bloques. De estos genotipos, 13 eran variedades comerciales y el resto eran líneas élites obtenidas de diferentes planes de mejoramiento de arroz del país. La modalidad de siembra fue por trasplante,

realizada a los 27 días después de la siembra (DDS). Cada parcela constó de 4 hileras de 5 m de largo y 0,3 m de separación. La hilera estaba formada aproximadamente por 25 plantas con una separación de 0,2 m entre plantas. Las hileras centrales fueron el área efectiva de muestreo para dos repeticiones.

Manejo Agronómico: se utilizó semilla pregerminada, y se efectuó el trasplante al campo a los 27 días. La fertilización se realizó a los 8 días después del trasplante (DDT), aplicando 350 kg ha⁻¹ de fórmula completa N-P-K (15-15-15). Posteriormente se ejecutaron 3 reabonos con urea, 60 kg ha⁻¹ a los 25 DDT y 45 kg ha⁻¹ a los 40 DDT y 60 DDT, respectivamente, basados en los análisis químicos de suelo de la estación experimental que señalan (Fósforo 48 ppm, Potasio 28 ppm, Calcio 68 ppm y Materia Orgánica 3,15%).

El control de malezas se efectuó a los 5 DDT, con una aplicación de Metsulfurón metil (40 g ha⁻¹) para malezas acuáticas, Bentazon (2 l ha⁻¹) para ciperáceas, Propanil (5 l ha⁻¹) y Clomazone (1 l ha⁻¹) para gramíneas. En el control de insectos raspadores se aplicó Lambdacihalotrina a razón de 300 ml ha⁻¹ a los 5 DDT. El manejo de vertebrados se hizo de forma manual cuando fue necesario.

CUADRO 1. Denominación comercial de las variedades, obtentor, representa legal y año de liberación de los cultivares bajo estudio.

Nº	Denominación Comercial	Obtentor	Representante Legal	Año de Liberación
1	ARAURE-1	FONAIAP	INIA	1975
2	ARAURE-4	FONAIAP	INIA	1984
3	ARAURE-50	INIA-FUNDARROZ	INIA-FUNDARROZ	2004
4	CENTAURO	INIA-FUNDARROZ	INIA-FUNDARROZ	2006
5	CIMARRÓN	FONAIAP	INIA	1988
6	D-ORYZA	FD	FD	2005
7	D-PRIMERA	FD	FD	2001
8	D-SATIVA	FD	FD	2002
9	FONAIAP-1	FONAIAP (INIA)	INIA	1993
10	FONAIAP-2000	FONAIAP (INIA)	INIA	2000
11	FUNDARROZ (PN-1)	FONAIAP (INIA)-FUNDARROZ	INIA-FUNDARROZ	2000
12	PALMAR	FONAIAP (INIA)	INIA	1988
13	VENEZUELA-21 (V-21)	INIA-FUNDARROZ	INIA-FUNDARROZ	2003

FONAIAP= Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias; INIA= Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; FUNDARROZ= Fundación Nacional del Arroz; FD= Fundación para la Investigación Agrícola DANAC.

Análisis de datos: de los 48 materiales sembrados en campo, como objeto de este estudio, sólo se consideraron las 13 variedades para el análisis, tomándose como base un diseño de bloque completamente aleatorizado. Se utilizó un análisis descriptivo que incluye: promedio, desviación estándar, máximos y mínimos, luego se comprobó los supuestos, mediante vía analítica, utilizando para normalidad del error: la prueba de Wilk-Shapiro; para homogeneidad de la varianza se utilizó: Bartlett's y Cochran's; para aditividad de los efectos se aplicó la prueba de Tukey y para independencia del error se usó la mediana dentro de los intervalos de confianza. Finalmente se realizó la comparación de medias mediante las pruebas de Tukey para las variables cuantitativas, todos estos análisis se realizaron con el software Infostat (2004).

Se midieron 41 descriptores en las diferentes etapas del cultivo (floración, maduración y postcosecha) seleccionadas de la UPOV (2004) y del CIAT (Muñoz *et al.*, 1993). Las observaciones se realizaron sobre 20 plantas al azar de los hilos centrales de cada tratamiento en dos bloques.

Para caracterizar las variedades, se tomó para las variables cualitativas nominales y ordinales el valor de la moda y para el caso de las variables de tipo cuantitativo se les asignó el valor de la media de las mediciones realizadas sobre las 40 plantas. Respecto a los caracteres relacionados con calidad culinaria y molinera estos datos únicos fueron obtenidos a partir de una muestra de granos de la cosecha. Asimismo, las variables días a floración, rendimiento y senescencia de las plantas, presentaron un valor único por parcela y por repetición.

Caracterización

A floración: Días a floración: es el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas se encuentren en floración.

Intensidad del color verde de la hoja: se observó el color en el tercio medio de la segunda hoja.

Pigmentación antociánica de la hoja: se notó en la segunda hoja si está ausente o presente.

Longitud del limbo de la segunda hoja: es la distancia, medida en cm desde la zona de unión de

la vaina con el tallo, hasta la punta de la lámina foliar en la segunda hoja del tallo más alto.

Ancho del limbo de la segunda hoja: es la distancia, medida en cm de borde a borde, en el lugar más ancho de la lámina, segunda hoja del tallo más alto.

Porte del limbo de la hoja bandera: se evaluó observando el ángulo formado entre la hoja bandera y la prolongación vertical del pedúnculo floral en el tallo más alto de la planta.

Capacidad de macollamiento: se contaron todos los hijos.

Porte del macollo: se observó el ángulo respecto a la línea perpendicular imaginaria que pasa por el centro de la planta respecto a los macollos.

Pigmentación antociánica de la vaina de la hoja: se observó si está ausente o presente en la vaina de la segunda hoja.

Vellosidad de la vaina foliar: se realizó sobre el haz de la segunda hoja en el tallo más alto de la planta.

Pigmentación antociánica de las aurículas: se observó en el tercio medio de la planta la ausencia o presencia de pigmentación.

Forma de la lígula: se clasificó en trunca, aguda y hendida.

Color de la lígula: se observó en el tallo más alto.

Pigmentación antociánica de los nudos: se evaluó en el segundo nudo por debajo del nudo ciliar del tallo más alto de la planta, observando si está presente o ausente.

Pigmentación antociánica de los entrenudos: se evaluó en el tercio medio del entrenudo comprendido entre el segundo y tercer nudo por debajo del nudo ciliar del tallo más alto de la planta, observando su ausencia o presencia.

A maduración: Senescencia de la hoja: se observó el material en general realizando una apreciación en porcentaje según permanezcan verde a la cosecha.

Rendimiento en por parcela: se pesó el área de la parcela cosechada.

Altura de planta: se midió en centímetros, desde el suelo hasta el ápice de la panícula del tallo más alto.

Porte de panícula en relación al tallo: se observó el ángulo formado por el pedúnculo y el raquis de la panícula con respecto a la prolongación del tallo más alto de la planta.

Número de panículas por planta: se contó el total de panículas por planta de arroz.

Excursión de la panícula: se observó la posición del nudo ciliar con respecto a la vaina de la hoja bandera.

Densidad predominante de la panícula: se evaluó la panícula del tallo más alto de la planta removiendo todas las semillas para observar su conformación.

Longitud de la panícula: se midió en centímetros, desde el nudo ciliar hasta el ápice de la misma del tallo más alto de la planta.

Color predominante del ápice del grano apical de la panícula: se evaluó en la panícula del tallo más alto de la planta.

Resistencia al acame: se evaluó colocando la planta a unos 30 cm del suelo, observando el número de plantas que volvían a su posición original.

A postcosecha: las siguientes evaluaciones se realizaron sobre las panículas cosechadas en campo, que provienen del tallo más alto de las plantas evaluadas.

Aristas: se observó su presencia o ausencia en los granos.

Distribución de las aristas: se observó la ubicación de las aristas en la panícula.

Tamaño de las aristas: se midió en mm, en la arista más larga de la panícula analizada.

Número de granos por panícula: se realizó el conteo de granos llenos de la panícula.

Número de granos vanos por panícula: se realizó el conteo de granos vanos de la panícula.

Peso de 1 000 granos paddy: se pesaron al azar muestras de 1 000 granos enteros bien desarrollados, con un contenido de humedad de 12%.

Las siguientes evaluaciones se realizaron sobre los granos de las panículas evaluadas sobre 20 granos escogidos al azar.

Color del cariósido de grano descascarado: se clasificó según tabla de colores de Muñoz *et al.* (1993).

Longitud del grano paddy: medida en milímetros, desde la base de la gluma estéril más baja, hasta el ápice de la gluma fértil más larga.

Espesor del grano paddy: medida en mm, entre las paredes laterales del grano.

Ancho del grano paddy: medida en mm, entre las nervaduras centrales de la lema y la palea, en el punto más ancho.

Calidad culinaria y molinera: la calidad culinaria se realizó siguiendo la metodología del CIAT (1989), fue representada por el contenido porcentual de amilosa en arroz pulido.

La calidad molinera del grano de arroz se determinó basados en la Gaceta Oficial N° 37 428 de 2002 para semilla de arroz en Venezuela, donde se establecen dos tipos de granos: arroz tipo A con menor o igual contenido de granos centro blanco más yesosos al 17% y arroz tipo B con un contenido mayor al 17%, esto se llevó a cabo utilizando 200 g de arroz paddy los cuales son descascarados y pulidos, de estos se seleccionan los granos enteros y se obtiene el porcentaje de granos yesoso y granos panza blanca. Estas evaluaciones se realizaron en el laboratorio de calidad de grano de la Fundación DANAC (San Javier, estado Yaracuy).

Reacción ante las principales enfermedades: las enfermedades fueron evaluadas según la incidencia del ataque de las mismas, utilizando la escala de Muñoz *et al.* (1993): donde: 0= ausente, 1= menos del 1%, 2 = entre 1% y 5%, 3 = entre 6% y 25%, 4 = entre 26% y 50% y 5 = más del 50%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades presentaron homogeneidad en las características cualitativas: color de la hoja, pigmentación antocianica de la hoja, pigmentación antocia-

nica de la vaina de la hoja, de los nudos, los entrenudos y de las aurículas, forma y color de lígula, porte de la panícula, color del grano y ausencia de aristas. El Cuadro 2, muestra la descripción del carácter, indicado como constante para todas las plantas de todas las variedades.

CUADRO 2. Descripción de las características que no mostraron diferencias entre las variedades de las 13 variedades estudiadas.

Variable	Descripción
1. Intensidad del color verde de la hoja	Verde oscuro
2. Pigmentación antociánica de la hoja	Ausente
3. Pigmentación antociánica de la vaina de la hoja	Ausente
4. Pigmentación antociánica de las aurículas	Ausente
5. Pigmentación antociánica de los nudos	Ausente
6. Pigmentación antociánica de los entrenudos	Ausente
7. Forma de la lígula	Hendida
8. Color de la lígula	Crema
9. Porte de panícula en relación al tallo	Ligeramente colgante
10. Presencia de Aristas	Ausente
11. Distribución de las Aristas	Ausente
12. Tamaño de Aristas	Ausente
13. Color predominante del ápice del grano apical de la panícula	Pajizo café

Las características cualitativas mostradas en el Cuadro 3 son diferentes entre los cultivares. De esta manera cabe señalar que D-SATIVA, FUNDARROZ PN1, VENEZUELA-21, CENTAURO y ARAURE-1 presentaron un porte del limbo de la hoja bandera erecto mientras que las variedades D-ORYZA, D- D-PRIMERA, CIMARRÓN, FONAIAP-1, FONAIAP-2000, ARAURE-4, ARAURE-50 y PALMAR un porte del limbo de la hoja bandera semierecto, a diferencia de lo presentado por Rodríguez (2001) quien observó porte de limbo erecto para las variedades ARAURE-4, CIMARRÓN, FONAIAP-1 y PALMAR, e igualmente Ortiz (1997) señaló a las variedades PALMAR y ARAURE-4 con porte del limbo erecto y las variedades CIMARRÓN y ARAURE-1 como semierecta, esto debido probablemente a las diferencias en las condiciones de los ensayos y época de siembra.

En relación al número de macollos en el Cuadro 3 se observa que D-SATIVA y FONAIAP-1 presentaron una capacidad de macollamiento intermedia, mientras que el resto de las variedades presentaron buena capacidad de macollamiento. Rodríguez (2001) coincidió con estos resultados para ARAURE-4 y PALMAR, al contrario de Ortiz (1997) quien observó baja capacidad de macollamiento para las variedades CIMARRÓN, ARAURE-1, ARAURE-4 y FONAIAP-1.

De las variedades estudiadas todas presentaron porte del macollo semierecto a excepción de FUNDARROZ PN1 que mostró porte erecto y D-SATIVA con porte semiabierto. Discrepa de lo encontrado por Ortiz (1997) y Rodríguez (2001) para las variedades FONAIAP-1, CIMARRÓN, ARAURE-1 y PALMAR, las cuales son estudiadas por estos autores con porte erecto (Cuadro 3).

Respecto al carácter velloso de la hoja, las variedades presentaron velloso débil, sólo se diferencia ARAURE-50, FUNDARROZ PN1 y PALMAR con velloso media (Cuadro 3).

En relación a la excursión de las panículas se encontró que las variedades comerciales D-ORYZA, D- D-PRIMERA, CIMARRÓN, FONAIAP-1, FONAIAP-2000, PALMAR y CENTAURO presentaron panículas bien emergidas mientras que las variedades D-SATIVA, ARAURE-4, FUNDARROZ PN1, ARAURE-50, VENEZUELA-21 y ARAURE-1

presentaron panículas moderadamente emergidas, lo cual no coincide con los resultados de Rodríguez (2001) quien señaló que la variedad CIMARRÓN presenta panícula moderadamente emergida (Cuadro 3). Las diferencias obtenidas entre este ensayo con respecto a la autora Rodríguez (2001) puede deberse básicamente a la época de siembra del ensayo ya que fue en la misma localidad, pero, Rodríguez sembró en época de lluvias en el estado Portuguesa.

Las discrepancias con respecto a Ortiz (1997) es probable se deban a la diferencia del diseño de su ensayo, pues sembró bajo condiciones de invernadero y envases plásticos lo cual altera las características respecto a una siembra realizada en campo.

En correspondencia al marcador morfológico densidad de la panícula Ortiz (1997) presentó a la variedad CIMARRÓN como compacta, FONAIAP-1 y ARAURE-4 como intermedia mientras que Páez y Rodríguez (1995) las variedades ARAURE-1 y ARAURE-4 como compactas (Cuadro 4).

En cuanto al ciclo de las variedades estudiadas todos los materiales presentaron un ciclo intermedio (100-120 DDS). Ortiz (1997) y Rodríguez (2001) señalaron valores menores para CIMARRÓN, FONAIAP-1, PALMAR, ARAURE-4 y ARAURE-1, posiblemente el alargamiento de floración en este ensayo fue debido a las diferentes épocas y condiciones de siembra (Cuadro 4).

CUADRO 3. Porte del limbo de la hoja bandera, capacidad de macollamiento, porte del macollo, vellosidad de la vaina foliar y excursión de las panículas en 13 variedades de arroz de Venezuela.

Denominación	Porte del limbo de la hoja bandera	Capacidad de macollar	Porte del macollo	Vellosidad de la vaina foliar	Excursión de las panículas
ARAURE-1	Erecto	Buena	Semierecto	Débil	Moderadamente emergida
ARAURE-4	Semierecto	Buena	Semierecto	Débil	Moderadamente emergida
ARAURE-50	Semierecto	Buena	Semierecto	Media	Moderadamente emergida
CENTAURO	Erecto	Buena	Semierecto	Media	Bien emergida
CIMARRÓN	Semierecto	Buena	Semierecto	Débil	Bien emergida
D-PRIMERA	Semierecto	Buena	Semierecto	Débil	Bien emergida
D-ORYZA	Semierecto	Buena	Semierecto	Débil	Bien emergida
D-SATIVA	Erecto	Mediana	Semiabierto	Débil	Moderadamente emergida
FONAIAP-1	Semierecto	Mediana	Semierecto	Débil	Bien emergida
FONAIAP-2000	Semierecto	Buena	Semierecto	Débil	Bien emergida
PN-1	Erecto	Buena	Erecto	Media	Moderadamente emergida
PALMAR	Semierecto	Buena	Semierecto	Media	Bien emergida
V-21	Erecto	Buena	Semierecto	Débil	Moderadamente emergida

CUADRO 4. Densidad de la panícula, resistencia al acame, color del cariósido, días a floración en 13 variedades de arroz de Venezuela.

Denominación	Densidad de la panícula	Resistencia al acame	Color del cariósido	Días a floración
ARAURE-1	Semicompacta	Resistente	Crema	118
ARAURE-4	Semicompacta	Resistente	Crema	114
ARAURE-50	Compacta	Muy resistente	Crema suave	107
CENTAURO	Semicompacta	Muy resistente	Crema suave	112
CIMARRÓN	Semicompacta	Muy resistente	Crema	112
D-PRIMERA	Compacta	Resistente	Crema	104
D-ORYZA	Compacta	Resistente	Crema	110
D-SATIVA	Compacta	Resistente	Crema	108
FONAIAP-1	Semicompacta	Resistente	Crema suave	103
FONAIAP-2000	Semicompacta	Muy resistente	Crema	107
PN-1	Semicompacta	Resistente	Crema suave	107
PALMAR	Compacta	Resistente	Crema suave	118
V-21	Compacta	Muy resistente	Crema	103

La longitud del limbo estuvo entre 40,4 cm y 55,4 cm correspondiendo estos valores a D-ORYZA y ARAURE-1, respectivamente. Ortiz (1997) presentó valores superiores para las variedades ARAURE-4, ARAURE-1, CIMARRÓN, FONAIAP-1 e inferior para PALMAR. Al contrario de Rodríguez (2001) cuyos valores en las variedades ARAURE-4, PALMAR, CIMARRÓN FONAIAP-1 fueron bajos respecto a este ensayo (Cuadro 5).

Referente al ancho del limbo de la segunda hoja se obtuvo valores desde 0,96 cm en D-ORYZA hasta 1,56 cm en FONAIAP-1. Ortiz (1997) observó valores más altos que van desde 1,61 cm en CIMARRÓN hasta 2,12 cm en ARAURE-1 y Rodríguez (2001) indica valores que van desde 0,92 cm en PALMAR hasta 1,05 en ARAURE-4 y FONAIAP-1 (Cuadro 5).

La altura de la planta presentó valores contrastantes con lo estudiado por Ortiz (1997) con valores mayores en las variedades ARAURE-4, ARAURE-1, CIMARRÓN y FONAIAP-1 a diferencia Rodríguez (2001) cuyos valores en estas variedades fueron menores (Cuadro 5).

El número de panículas por planta estuvo entre 12 y 18 panículas, correspondiendo a ARAURE 4 y FONAIAP-1, los menores valores y ARAURE-50 el de mayor número de panículas. Ortiz (1997) estudio valores entre 9 y 5 panículas por planta para las variedades CIMARRÓN, ARAURE-1, ARAURE-4 y FONAIAP-1, lo cual contrasta con lo obtenido en este ensayo. Sin embargo, Rodríguez (2001) presentó valores entre 14 y 16 panículas por plantas para las variedades ARAURE-4, CIMARRÓN, FONAIAP-1 y PALMAR (Cuadro 6).

Respecto a longitud de la panícula, se observó diferencia respecto a lo observado por otros autores. Ortiz (1997) obtuvo valores de entre 14,9 cm y 24,52 cm en las variedades CIMARRÓN, ARAURE-1 ARAURE-4 y FONAIAP-1 al igual que Rodríguez (2001) quien obtuvo valores entre 23,4 cm y 23,7 cm para las variedades CIMARRÓN, ARAURE-4, FONAIAP-1 y PALMAR, mientras que en este ensayo se obtuvieron valores más altos, observándose entre 24,9 cm y 27,4 cm para las mismas variedades (Cuadro 6).

CUADRO 5. Longitud del limbo, ancho del limbo y altura de planta en 13 variedades de arroz de Venezuela.

Longitud del limbo (cm)			Ancho del limbo (cm)			Altura de la planta (cm)					
Denominación	X	n	Denominación	X	n	Denominación	X	n			
D-ORYZA	40,4	40	A	D-ORYZA	1	40	A	V-21	100,7	40	A
D-PRIMERA	43,1	40	AB	V-21	1,2	40	B	D-ORYZA	101,8	40	A
V-21	44,5	40	AB	PN-1	1,2	40	B	FONAIAP-2000	107,0	40	B
PN-1	46,0	40	BC	D-PRIMERA	1,2	40	BC	D-PRIMERA	107,8	40	BC
FONAIAP-1	49,3	40	CD	ARAURE-50	1,2	40	BC	FONAIAP-1	109,1	40	BC
PALMAR	50,1	40	CD	FONAIAP-2000	1,3	40	CD	ARAURE-1	110,2	40	BCD
ARAURE-4	50,3	40	D	PALMAR	1,4	40	DE	PALMAR	110,3	40	BCD
CIMARRÓN	51,2	40	D	CIMARRÓN	1,4	40	DE	CIMARRÓN	111,4	40	CDE
FONAIAP-2000	52,2	40	DE	ARAURE-4	1,4	40	DE	PN-1	113,7	40	DE
D-SATIVA	52,2	40	DE	ARAURE-1	1,4	40	E	ARAURE-4	113,8	40	DE
ARAURE-50	53,0	40	DE	D-SATIVA	1,5	40	E	ARAURE-50	114,3	40	DE
ARAURE-1	55,4	40	E	FONAIAP-1	1,6	40	F	D-SATIVA	115,3	40	E
CENTAURO	63,8	40	F	CENTAURO	1,7	40	F	CENTAURO	124,8	40	F
P	<0,0001			P	<0,0001			P	<0,0001		
F	46,86			F	79			F	50,95		
CV(%)		11		CV(%)		9,75		CV(%)			4,95

0,05<P<1,000 no significativo (N.S.); 0,0100< P<0,050 diferencia significativa *; P≤0,01 diferencia altamente significativa**. Letras distintas indican diferencias significativas (P≤0,05).

CUADRO 6. Número de panículas por planta y longitud de la panícula en 13 variedades de arroz de Venezuela.

Longitud de Panícula (cm)			Nº de Panículas por plantas				
Denominación	X	n	Denominación	X	n		
FONAIAP-1	24,94	40	A	FONAIAP-1	12,23	40	A
D-PRIMERA	25,15	40	A	D-SATIVA	12,48	40	AB
V-21	25,63	40	A	PALMAR	12,90	40	AB C
ARAURE-4	26,06	40	A	ARAURE-1	12,93	40	AB C
CIMARRÓN	26,18	40	AB	V-21	13,20	40	AB C
PALMAR	27,06	40	AB	CENTAURO	13,45	40	AB C
ARAURE-1	27,40	40	AB	D-PRIMERA	14,38	40	AB C
PN-1	28,09	40	AB	ARAURE-4	14,85	40	AB C
D-SATIVA	29,25	40	AB	CIMARRÓN	15,60	40	AB C
FONAIAP-2000	29,90	40	AB	D-ORYZA	15,73	40	AB C
CENTAURO	31,40	40	AB	PN-1	16,80	40	AB C
ARAURE-50	33,14	40	AB	FONAIAP-2000	17,28	40	B C
D-ORYZA	35,05	40	B	ARAURE-50	17,65	40	C
P		0,0005		P		<0,0001	
F		2,98		F		3,55	
CV(%)		41,15		CV(%)		43,48	

0,05<P<1,000 no significativo (N.S.); 0,0100< P<0,050 diferencia significativa *; P≤0,01 diferencia altamente significativa**. Letras distintas indican diferencias significativas (P≤0,05).

La variable senescencia de las hojas no presentó diferencias significativas los valores señalados variaron entre 10% y 65% con $P= 0,24$, $F=1,49$ y %CV de 48,11, de la misma forma el rendimiento no presentó diferencias significativas, el valores entre 476,14 y 862,5 g parcela⁻¹ donde $P= 0,642$, $F= 0,81$ y un %CV= 24,41, a pesar de la diferencia entre los valores máximos y mínimos para estas características, que no haya habido diferencias significativas se debe al error experimental expresado indirectamente en el alto coeficiente de variación.

En el Cuadro 7 se observó que el número de granos llenos estuvo entre 129 y 205 para D-ORYZA y ARAURE-50, respectivamente, estos valores son muy similares a lo obtenido por Rodríguez (2001) que fluctuaron entre 128 hasta 163 semillas por panícula para las variedades ARAURE-4, CIMARRÓN, FONAIAP-1 y PALMAR.

La variable número de granos vanos permitió calcular el porcentaje de esterilidad de los materiales, observándose los valores más altos entre 11,29% y 15,45% para las variedades ARAURE-50, FUNDARROZ PN1, PALMAR, D-ORYZA, ARAURE-1, VENEZUELA-21, CENTAURO y D-SATIVA y valores bajos entre 5,73% y 8,84% de esterilidad para las variedades FONAIAP-1, CIMARRÓN, FONAIAP-2000, ARAURE-4 y D-PRIMERA.

Por su parte, Ortiz (1997) mostró valores desde 8,16% hasta 24,77% en las variedades FONAIAP-1, CIMARRÓN, ARAURE-1 y ARAURE-4. Por el contrario, a lo encontrado Torrealba (2001) indicó valores bajos de esterilidad para CIMARRÓN (3,71%) y FONAIAP-1 (10,99%) de esterilidad (Cuadro 7).

CUADRO 7. Número de granos llenos, vanos y peso de mil granos en 13 variedades de arroz de Venezuela.

N° de gramos llenos por panícula			N° de gramos vanos por panícula			Peso de 1 000 gramos (g)		
Denominación	X	n	Denominación	X	n	Denominación	X	n
D-ORYZA	128,58	40 A	D-PRIMERA	9,10	40 A	PALMAR	21,68	2 A
V-21	135,83	40 AB	CIMARRÓN	12,05	40 AB	ARAURE-50	23,70	2 AB
D-PRIMERA	149,65	40 BC	ARAURE-4	13,03	40 AB	ARAURE-1	24,92	2 ABC
PN-1	159,18	40 CD	FONAIAP-2000	13,20	40 AB	CIMARRÓN	25,68	2 BCD
CIMARRÓN	162,73	40 CDE	FONAIAP-1	16,20	40 ABC	PN-1	26,23	2 BCD
PALMAR	163,35	40 CDE	D-ORYZA	17,60	40 ABC	D-PRIMERA	26,48	2 BCD
FONAIAP-1	167,05	40 CDE	V-21	18,23	40 ABC	ARAURE-4	26,83	2 BCDE
D-SATIVA	169,70	40 CDE	D-SATIVA	21,60	40 ABC	FONAIAP-2000	27,95	2 CDE
FONAIAP-2000	179,15	40 DE	ARAURE-1	24,33	40 BCD	CENTAURO	28,44	2 CDEF
ARAURE-1	180,78	40 E	PALMAR	25,23	40 BCD	D-SATIVA	28,73	2 DEF
ARAURE-4	180,80	40 E	CENTAURO	27,38	40 CD	D-ORYZA	29,09	2 DEF
CENTAURO	181,73	40 E	PN-1	34,95	40 DE	V-21	30,28	2 EF
ARAURE-50	206,33	40 F	ARAURE-50	47,70	40 E	FONAIAP-1	32,08	2 F
P	<0,0001		P	<0,0001		P	<0,0001	
F	22,51		F	14,79		F	18,37	
CV(%)	16,56		CV(%)	81,17		CV(%)	3,39	

0,05<P<1,000 no significativo (N.S.); 0,0100< P<0,050 diferencia significativa *; P≤0,01 diferencia altamente significativa**. Letras distintas indican diferencias significativas (P≤0,05).

El peso de 1000 granos se ubicó entre 21,68 g para PALMAR como la menos pesada y 32,08 g para FONAIAP 1 como la más pesada, el resto de los materiales poseen valores intermedios. Torrealba (2001) señaló un valor de 26,28 g en CIMARRÓN y 29,44 g en FONAIAP-1. De la misma manera Ortiz (1997) presentó valores entre 21,58 g y 26,23 g para los materiales FONAIAP-1, CIMARRÓN, ARAURE-1 y ARAURE-4, contrastantes a lo encontrado en este ensayo (Cuadro 7).

Las variedades estudiadas presentaron valores de largo de grano desde 8,0 mm en PALMAR hasta 10 mm en FONAIAP-2000. Ortiz (1997) indica valores similares ubicados entre 8,38 mm y 10,41 mm para las variedades FONAIAP-1, ARAURE-1 ARAURE-4 y CIMARRÓN, al igual que Rodríguez (2001) quien señala valores entre 8,29 mm y 10,47 mm para las variedades ARAURE-4, CIMARRÓN, FONAIAP-1 y PALMAR (Cuadro 8).

Las variables espesor y ancho del grano no variaron con respecto a lo demostrado por Ortiz (1997) y

Rodríguez (2001), observándose para el ancho de grano valores de 2,16 mm hasta 2,53 mm, sin embargo, esta característica no presentó diferencias estadísticas significativas, demostró valores de $P= 0,26$, $F=1,22$ y $\%CV= 35,46$. Para el espesor del grano se observó que la variedad D-PRIMERA y FONAIAP-1 como las que presentaron menor valor y D-ORYZA la de mayor valor de espesor (Cuadro 8).

Calidad culinaria y molinera

Respecto a la calidad culinaria las variedades D-PRIMERA y FONAIAP 2000 presentaron contenido de amilosa bajo (15,40% y 15,92%), respectivamente, por lo cual no están en el rango de calidad culinaria del grano exigido por el mercado venezolano (22-27%) con una tolerancia de 20-27% según Páez (2004). El resto obtuvo valores por encima lo cual los ubica con buena calidad culinaria de acuerdo a las exigencias del consumidor venezolano (Cuadro 9).

CUADRO 8. Longitud y espesor del grano paddy en 13 variedades de arroz de Venezuela.

Largo de Grano (mm)				Espesor del grano (mm)			
Denominación	X	n		Denominación	X	n	
PALMAR	8,07	40	A	D-PRIMERA	1,78	40	A
D-PRIMERA	8,16	40	A	FONAIAP-1	1,78	40	A
ARAURE-4	8,52	40	A B	PALMAR	1,82	40	A B
CIMARRÓN	8,73	40	A B	ARAURE-50	1,83	40	A B
V-21	8,80	40	A B	PN-1	1,83	40	A B
PN-1	9,08	40	A B	ARAURE-4	1,84	40	A B
ARAURE-50	9,23	40	A B	CIMARRÓN	1,87	40	B C
D-ORYZA	9,46	40	A B	D-SATIVA	1,88	40	B C
D-SATIVA	9,72	40	A B	ARAURE-1	1,88	40	B C
CENTAURO	9,78	40	A B	FONAIAP-2000	1,89	40	B C D
FONAIAP-1	9,89	40	A B	V-21	1,90	40	B C D
FONAIAP-2000	10,01	40	A B	CENTAURO	1,93	40	C D
ARAURE-1	11,20	40	B	D-ORYZA	1,96	40	D
P		0,0094		P		<0,0001	
F		2,24		F		9,22	
CV(%)		39,28		CV(%)		6,07	

0,05<P<1,000 no significativo (N.S.); 0,0100< P<0,050 diferencia significativa *; P≤0,01 diferencia altamente significativa**. Letras distintas indican diferencias significativas (P≤0,05).

CUADRO 9. Contenido de amilosa, porcentaje de granos enteros, yesoso y panza blanca en 13 variedades de arroz de Venezuela.

Denominación	Contenido de amilosa (%)	Grano entero (%)	Grano yesoso (%)	Grano panza blanca (%)
ARAURE-1	20,68	51,20	8,36	28,12
ARAURE-4	21,91	56,80	0,88	18,88
ARAURE-50	21,60	39,30	3,48	12,88
CENTAURO	23,59	35,00	8,40	16,68
CIMARRÓN	20,64	52,50	4,24	19,08
D-PRIMERA	15,4	55,00	0,64	11,12
D-ORYZA	22,00	40,00	3,88	15,08
D-SATIVA	22,17	50,00	0,80	8,80
FONAIAP-1	22,35	25,00	4,52	26,16
FONAIAP-2000	15,92	52,50	0,56	25,00
PN-1	21,42	46,20	0,16	8,84
PALMAR	22,13	58,10	1,68	7,64
V-21	22,22	50,00	1,40	17,28

El rendimiento de granos enteros mínimo para todos los tipos de grano debe ser de 47%. En este sentido, las variedades D-ORYZA, CENTAURO, FUNDARROZ PN1, ARAURE-50 y FONAIAP-1, no cumplen con el porcentaje de grano entero mínimo, para las condiciones de evaluación de este ensayo.

La variable de porcentaje de grano yesoso presentó valores entre 0,16% en la variedad FUNDARROZ PN1 y 8,36% en ARAURE-1, de la misma forma en el Cuadro 9 se observó que el porcentaje de granos panza blanca estuvo entre 7,64 y 28,12% para PALMAR y ARAURE-1 respectivamente.

Evaluación sanitaria

Las enfermedades observadas fueron las siguientes:

- *Pyricularia (Pyricularia grisea)*: se observó un 5% de incidencia sólo en los materiales D-ORYZA, FONAIAP-2000 y ARAURE 50, el resto de las variedades no presentó la enfermedad.

- Añublo de la vaina (*Rhizoctonia spp.*): presente sólo en las variedades D-ORYZA y FONAIAP-2000 con un 5% de incidencia.

- Pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*) se observó una incidencia del 5% en los materiales D-ORYZA, D-SATIVA, CIMARRÓN, FONAIAP-1, FONAIAP-2000, ARAURE-4, PALMAR, VENEZUELA-21, ARAURE-1 y una incidencia del 6 al 25% en CENTAURO.

- *Helminthosporium spp.*: tuvo una incidencia de 5% sobre las variedades FUNDARROZ PN1, ARAURE-50, PALMAR, VENEZUELA-21; y del 6 al 25% en D-PRIMERA y FONAIAP-1.

- Falso carbón (*Ustilaginoidea virens*), tuvo una incidencia de 5% en la variedad FUNDARROZ PN1.

CONCLUSIONES

- Las variedades venezolanas estudiadas presentan características cualitativas relacionadas con forma, color y presencia de pigmentación antocianina constantes, permitiendo inferir que la base genética de las mismas es estrecha.
- Se observó que los caracteres cualitativos basados en escalas continuas eran similares para las variedades, encontrando que, para la mayoría de estas

características sólo estaban representadas dos clases consecutivas.

- Los parámetros cuantitativos relacionados con calidad molinera, aspecto del grano y componentes del rendimiento fueron las características morfológicas que permitieron una mejor caracterización de las variedades bajo este estudio.
- La mayoría de las variedades fueron afectadas por las enfermedades *Sarocladium oryzae* y *Helminthosporium* spp., en bajo grado de incidencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R., O. Moreno, N. Delgado, E. Reyes, M. Acevedo y G. Torrealba. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Ed. Alfredo Romero. Maracay. 202 p. (Serie anuales de Cultivo INIA N° 1).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: Guía de estudio. 75 p.
- Delgado, N. 2005. Producción de nuevas variedades de arroz en Venezuela. **In:** IX Congreso Venezolano de Genética. Caracas. 9 p.
- Gaceta oficial de Venezuela N° 37 428. 2002. Ministerio de Producción y Comercio y de Agricultura y Tierras. Resolución conjunta que rigen al arroz paddy húmedo. DW/N° 098.
- InfoStat. 2004. InfoStat software Estadístico. Versión 1.1. Universidad de Córdoba, Argentina.
- Muñoz, G., G. Giraldo y J. Fernández. 1993. Descriptores varietales: Arroz, Fríjol, Maíz y Sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. 169 p.
- Ortiz Domínguez, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de MSc. Maracay. Venezuela. UCV. FAGRO. 117 p.
- Páez, O. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Edit. Romero, A. Maracay. 202 p. (Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1).
- Páez, O. y R. Rodríguez. 1995. Evaluación del rendimiento de los cultivares de arroz ARAURE 3 y ARAURE 4 bajo tres densidades de siembra. Revista Agronomía Tropical. 54(2):283-292 p.
- Páez, O y A. Ortiz Domínguez. 2003. Modulo 2: Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Maracay, Venezuela. 84 p.
- Rodríguez, N. 2001. Evaluación de la erosión cualitativa de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) en el sistema de producción de semillas certificadas en Portuguesa. Tesis de MSc. Maracay, Venezuela. UCV FAGRO. 56 p.
- Torrealba D. 2001. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en el cultivo de las variedades CIMARRÓN y FONAIAP-1. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía, UCV. Maracay. Aragua. 39 p.
- Torrealba, G., N. Delgado, R. Álvarez, O. Moreno, W Castillo, E. Reyes, O. Torres, M. Nava, M. Salazar, M. Acevedo, P. Abreu, M. Rodríguez, M. Sánchez, M. Urdaneta y A. Ramos. 2005. Variedades de arroz de Venezuela desde 1969 al 2005. Caracas, VE, **In:** II Congreso Venezolano de mejoramiento genético y biotecnología agrícola. Wen site. <http://www.danac.org.ve>
- Servicio Nacional de Semillas (SENASA). 2005. Informe Técnico Producción Nacional de semilla certificada año 2004. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA. 3 p.
- Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales UPOV. 2004. Arroz (*Oryza sativa* L.). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ginebra. 47 p.

ROTACIÓN DEL ABONO VERDE *Canavalia ensiformis* CON MAÍZ Y MICORRIZAS ARBUSCULARES EN UN SUELO NITISOL RÓDICO ÉUTRICO DE CUBA

CROP ROTATION OF CANAVALIA ENSIFORMIS GREEN MANURE OF MAIZE AND ARBUSCULAR MYCORRHIZE IN AN EUTRIC RODIC NITISOL OF CUBA

Gloria M. Martín*, Janaina R. Costa Rouws**, Segundo Urquiaga** y Ramón A. Rivera*

*Investigadores. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal No 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32700. Email: gloriam@inca.edu.cu.

** Investigadores. Embrapa Agrobiologia, km 47 Ant. Est. RJ - SP, Seropédica, RJ, CEP 23851-970 CP 74505

RESUMEN

Se cuantificó el aporte en nutrientes que realizan los abonos verdes y su efecto en los rendimientos de maíz y la respuesta de este cultivo a diferentes dosis de fertilización mineral. El diseño experimental fue de bloques al azar, con 4 repeticiones, en esquema de parcelas subdivididas. Las parcelas principales fueron: barbecho (tratamiento 1) y Canavalia, *Canavalia ensiformis*, (tratamiento 2), sembrada como abono verde en rotación con maíz, variedad Francisco mejorado, sobre un suelo Nitisol ródico éutrico. En el tercer tratamiento se sembró canavalia y al maíz se le aplicó la cepa de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) *Glomus hoi like* (tratamiento 3). En las subparcelas se evaluaron 5 dosis de fertilizante mineral nitrogenado (0; 50; 100; 150 y 200 kg N ha⁻¹) utilizándose nitrato de amonio. El aporte de fitomasa y nutrientes de Canavalia fue superior al barbecho al igual que la multiplicación de propágulos nativos de HMA en el suelo. El maíz crecido en rotación con Canavalia y Canavalia + HMA presentó rendimientos superiores al barbecho y no hubo diferencias en la colonización radical por HMA en estos tratamientos, lo que ratifica la posible influencia del abono verde en la multiplicación de los propágulos micorrizicos del suelo y la colonización por el cultivo sucesor en la rotación. El maíz respondió significativamente a la aplicación de nitrógeno, con ajuste lineal (R²=92,79%) para los rendimientos obtenidos en el barbecho. La incorporación de 291 kg N ha⁻¹ con Canavalia fue equivalente a la aplicación de 158,28 kg N ha⁻¹ como fertilizante químico.

Palabras Clave: *Canavalia ensiformis*; abonos verdes; hongos micorrizógenos arbusculares; nitrógeno; *Glomus hoi like*.

SUMMARY

Quantification was performed of the contribution of nutrients by green manure and its effect on corn yields as well as the crops response to different doses of mineral fertilization. The experimental design was split plot, with 4 repetitions. The main parcels were: I) fallow II) Canavalia, *Canavalia ensiformis*, sowed as green manure in rotation with corn, on a Nitisol soil. In the third treatment III) Canavalia and the corn were sowed but previously the corn seeds were treated with arbuscular mycorrhize *Glomus hoi like*. In the subplots 5 doses of nitrogen mineral fertilizer was evaluated (0; 50; 100; 150 and 200 kg N ha⁻¹) using ammonium nitrate. The Canavalia biomass production, nutrients and mycorrhize spore number in soil were superior to the fallow. The corn grown in treatments with Canavalia and Canavalia +mycorrhize presented higher yields than fallow and there were no differences in the radical colonization by mycorrhize in these treatments, which indicates the possible influence of green manure in the multiplication of arbuscular mycorrhizes in soil and the colonization by the next crop in the rotation. Corn had significant response to nitrogen application, with lineal adjustment (R²=92,79%) for the yields obtained in the fallow. The incorporation of 291 kg N ha⁻¹ with Canavalia was equivalent to the application of 158,28 kg N ha⁻¹ in the form of a chemical fertilizer.

Key Words: *Canavalia ensiformis*; green manures; arbuscular mycorrhizal fungi; nitrogen; *Glomus hoi like*.

RECIBIDO: febrero 05, 2007

ACEPTADO: septiembre 10, 2007

INTRODUCCIÓN

El incremento de los precios de los fertilizantes químicos, la escasez de insumos, los problemas de contaminación ambiental y el alto grado de degradación de los suelos y de su materia orgánica por el uso indebido de métodos intensivos de producción ha conducido a una disminución paulatina de los rendimientos agrícolas a nivel mundial.

Esta situación ha hecho necesario el desarrollo y aplicación de tecnologías que minimicen el deterioro del suelo y permitan la restitución de la fertilidad perdida. El uso de alternativas orgánicas a la fertilización química aumenta la fertilidad del suelo y mejora tanto las propiedades químicas como las físicas y biológicas.

Los abonos verdes cobran cada día más interés como alternativa de incremento y conservación de la fertilidad de los suelos, sobre todo en las condiciones de los trópicos. Esta práctica ha mostrado ser eficiente en la sustitución de fertilizantes nitrogenados y en el incremento de la productividad de los cultivos (García *et al.*, 2002).

Además, hay un reconocimiento creciente a la importancia de la simbiosis micorrízica para los cultivos, debido a que aumentan la absorción de nutrimentos y agua, mejoran algunas propiedades del suelo e incrementan los rendimientos agrícolas. En la actualidad se estudia la combinación de ellos con fertilizantes en dosis bajas y medias, y se ha incorporado el enfoque sistémico (Rivera *et al.*, 2003; Rivera y Fernández, 2006).

En este sentido, en el trabajo se evaluó el comportamiento conjunto de la *Canavalia ensiformis* como abono verde, la inoculación de una cepa eficiente de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y la fertilización mineral nitrogenada para un cultivo típico de la región como el maíz sobre suelo Nitisol ródicico éutrico con los objetivos de:

- Cuantificar el aporte de fitomasa y nutrimentos depositados por *Canavalia ensiformis* en un suelo Nitisol Ródico Éutrico.
- Evaluar la influencia de *C. ensiformis* utilizada como abono verde y las micorrizas arbusculares sobre los rendimientos de maíz.

- Estudiar la respuesta del maíz a diferentes dosis de nitrógeno como nitrato de amonio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en el Departamento de Servicios Agrícolas del INCA, municipio San José de las Lajas, La Habana, Cuba, ubicado a 138 m.s.n.m., a los 23°00'N y 82°08'O, en un suelo Nitisol ródicico éutrico (WRB, 2003) y sus principales características químicas se muestran en el Cuadro 1.

Según las Tablas de Interpretación de Análisis de Suelos del Ministerio de la Agricultura de Cuba, este suelo presentó un contenido bajo de MO y un pH ligeramente alcalino. Los contenidos de calcio y magnesio, relativamente altos son representativos de este tipo de suelo. El alto contenido de fósforo y medio de potasio se debe a que el suelo estuvo sometido a un manejo intensivo con altas aplicaciones de fertilizantes químicos durante muchos años.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con 4 repeticiones, en esquema de parcelas subdivididas. Los tratamientos estudiados en las parcelas principales fueron: (1^{ro}) barbecho natural, (2^{do}) *Canavalia*, *Canavalia ensiformis* (L.)D.C., sembrada para ser utilizada como abono verde en rotación con maíz, (3^{ro}) se sembró *canavalia* y al maíz se le aplicó la cepa de HMA *Glomus hoi like* por la técnica de recubrimiento de semillas.

CUADRO 1. Caracterización inicial del suelo Nitisol Ródico Éutrico utilizado en el experimento.

pH H ₂ O	M.O (%)	P (mg kg ⁻¹)	Cationes intercambiables			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
(cMol kg ⁻¹)						
7,6	2,18	405,48	12,48	2,03	0,81	0,12

Para la caracterización química del suelo se emplearon los siguientes métodos analíticos, establecidos por NRAG (1987 y 1988): pH H₂O: Potenciometría. Relación suelo-disolución 1:2,5. Materia orgánica del suelo (MO): Walkley y Black. P: Oniani. Cationes intercambiables: Extracción con NH₄Ac 1 Mol L⁻¹ a pH 7 y determinación por complexometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (Na y K).

En las otras parcelas el maíz se sembró sin inoculación con micorrizas. El barbecho natural consistió en dejar al suelo en descanso durante dos meses, dejando crecer libremente las arvenses en las parcelas, previas a la siembra de maíz. En las subparcelas se evaluaron 5 dosis crecientes de fertilizante mineral nitrogenado (0; 50; 100; 150 y 200 kg N ha⁻¹) utilizando nitrato de amonio (NH₄NO₃) como fuente portadora.

La *Canavalia* se cultivó precedente al maíz. La siembra se realizó en forma manual, a altas densidades (0,45 m entre hileras y 0,10 m entre plantas), en mayo de 2003, inmediatamente después de comenzadas las primeras lluvias y no se inoculó con ninguna especie de *Rhizobium*. El comportamiento de las variables meteorológicas durante todo el período experimental se observan en la Figura 1. A partir del mes de octubre, durante la floración y

producción de granos hubo una disminución de las precipitaciones.

Durante el período de crecimiento vegetativo del abono verde, fue necesaria la limpieza manual del campo, para la eliminación de arvenses. Esta labor se realizó hasta que la *Canavalia* cubrió el campo. La incorporación del abono verde al suelo se efectuó a los 60 días después de la germinación (DDG) con un arado de discos.

Inmediatamente después de la incorporación de la *Canavalia* se realizó la preparación del suelo, utilizando el sistema de labranza reducida (una aradura y dos pases de gradas de discos). La siembra del maíz, variedad Francisco mejorado, se realizó de forma manual 25 días después de la incorporación del abono verde, en agosto del 2003, empleando un marco de siembra de 0,90 m x 0,30 m.

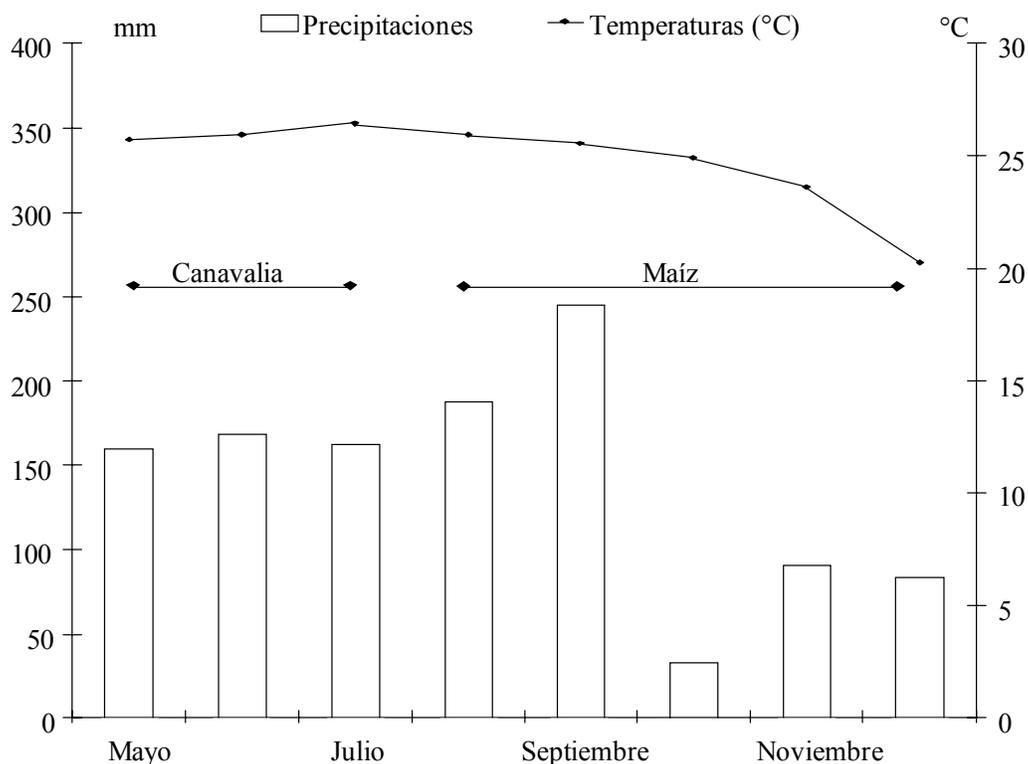


FIGURA 1. Comportamiento de las variables meteorológicas, temperatura media y precipitaciones durante el período experimental.

Evaluaciones realizadas

Canavalia y arvenses

A los 60 DDG y antes de la incorporación del abono verde, se procedió al muestreo de plantas completas en un área de 0,45 m², en todas las parcelas principales sembradas con Canavalia, también se tomaron muestras de las arvenses crecidas en las parcelas dejadas en barbecho natural. Las principales especies de plantas colectadas en estas parcelas fueron Hierba de Guinea, *Panicum maximum*, Don Carlos, *Sorghum halepense*, Bledo, *Amaranthus dubius* y Cebolleta, *Cyperus rotundus*.

Se determinó la masa seca, tanto de la Canavalia como de las arvenses, además se calculó el aporte de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) a partir de los datos de masa seca y el correspondiente contenido de cada elemento, según la siguiente ecuación:

$$\text{Extracción N,P,K (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{masa seca (kg ha}^{-1}\text{)} * \% \text{ elemento}) / 100$$

Maíz

La cosecha de maíz se realizó en diciembre de 2003. Se determinó el rendimiento de grano (kg ha⁻¹). Para esto se tomaron todas las mazorcas comprendidas en el área de cálculo de cada subparcela experimental (18 m²), se despojaron de sus hojas, fueron desgranadas y con posterioridad se pesó el total de granos obtenido en cada subparcela.

En ambas plantas se motearon las raíces, lavándose con agua corriente, para secarse al aire. Después se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron y tiñeron con azul de tripan. Se determinó el porcentaje de colonización micorrízica, en un microscopio estereoscópico (20 x) basado en conteo de al menos 100 interceptos de las raicillas con las líneas de una placa de Petri cuadrangular.

El conteo de esporas de HMA se realizó haciendo extracción de 50 g suelo, el cual se basa en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo. Se colectaron sobre una malla de 40 µm de apertura, las esporas y demás propágulos, siendo separados por centrifugación con un gradiente de sacarosa y Tween 80 y observados y contados posteriormente en un microscopio óptico (20-40 x).

Procedimiento estadístico

Se procedió a realizar un análisis de varianza a los datos de masa fresca y seca y aporte de nutrientes realizado por la Canavalia y las arvenses, así como del rendimiento de maíz (kg ha⁻¹) y posteriormente las medias de los tratamientos de las parcelas principales fueron comparadas según la prueba de Tukey (P<0,05) y se utilizó un análisis de regresión con la tentativa de ajustar un modelo para cada uno de los tratamientos evaluados en las subparcelas, empleando el programa Statgraphics Plus versión 5,1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aporte de la Canavalia incorporada como abono verde

Los resultados del análisis del material vegetal incorporado en las parcelas principales se observan en el Cuadro 2.

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas para cada uno de los indicadores, lo que demostró que el aporte de Canavalia fue superior a la vegetación natural del barbecho.

La Canavalia, desarrollada en la época de lluvias y días largos, presenta crecimiento vigoroso, lo que reafirma el criterio de ser un buen abono verde, entre otras razones por la fijación biológica del nitrógeno.

CUADRO 2. Masa seca y contenido de nutrientes de Canavalia y barbecho natural en las parcelas principales del experimento.

Tratamientos	Masa seca* (t ha ⁻¹)	Aporte (kg ha ⁻¹)		
		N	P	K
Barbecho Natural	3,67b	89,59b	12,57b	98,50b
<i>Canavalia ensiformis</i>	9,76a	291,25a	31,53a	241,67a
Es	1,67*	56,96*	4,06*	39,42*

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Tukey (P<0,05).

De acuerdo a García (1997), esta especie utilizada como abono verde tiene muchas ventajas, entre ellas, el control de malezas y la erosión, además del considerable aporte de fitomasa y nutrimentos que realiza. Álvarez (2000), indica que la *Canavalia* es una especie de exuberante desarrollo que se adapta a las condiciones tropicales de altas lluvias, altas temperaturas y días largos, que produce abundante fitomasa seca y realiza una alta fijación biológica de nitrógeno que oscila entre 140 y 160 kg ha⁻¹.

En las condiciones de Cuba, se han probado diferentes especies de abonos verdes y entre ellas, la *Canavalia* se destaca por estar entre las que hace un aporte de nitrógeno al sistema superior a los 100 kg N ha⁻¹ (García *et al.*, 2001).

Resende *et al.* (2001) señalan que *Canavalia* es una especie que acumula más nitrógeno en las hojas que en los tallos, con una relación tallo: hoja baja, con predominio de las hojas, las que se descomponen más rápidamente, haciendo un considerable aporte de nitrógeno al sistema, que repercute en la nutrición nitrogenada del cultivo sucesor de alta demanda de nitrógeno.

Al analizar los resultados del comportamiento de las variables de funcionamiento fúngico estudiadas (Cuadro 3) se observó que también la *Canavalia* fue superior al barbecho natural en cuanto al porcentaje de colonización radical y al número de esporas de HMA presentes en el suelo.

CUADRO 3. Comportamiento de algunas variables de funcionamiento fúngico en la *Canavalia ensiformis* y el barbecho.

Tratamientos %	Colonización	# Esporas en 50 g suelo seco
Barbecho Natural	39,88 b	204,5 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	62,69 a	314,0 a
Es	1,77*	20,05*

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Tukey (P<0,05).

Al considerar que los HMA existen de manera natural en los suelos, se señala que algunas prácticas como el abonado verde pueden aumentar la presencia de sus propágulos infectivos (Rivera *et al.*, 2003), además, se plantea que la *canavalia* es una especie de elevada respuesta micorrízica. Por otra parte se ha indicado que en barbecho, la micorrización natural se deprime (Duponnois *et al.*, 2001); Sánchez (2001) encontró que diferentes especies de abonos verdes incrementaron los propágulos nativos de HMA en el suelo, en relación directa con la producción de masa seca de estas plantas.

Influencia de la *Canavalia* y las micorrizas arbusculares (HMA) comparado con el barbecho natural sobre el rendimiento del maíz

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos de los tres tratamientos de las parcelas principales en ausencia de fertilización química. Así, los tratamientos de *Canavalia* y *Canavalia* + HMA fueron semejantes entre sí y presentaron rendimientos superiores al barbecho natural, según se puede apreciar en el Cuadro 4.

Además se observó que el porcentaje de colonización por HMA en los tratamientos con abono verde, con o sin inoculación, no se diferencian entre sí y si difieren con la colonización del maíz en rotación con el barbecho.

CUADRO 4. Rendimiento y porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbusculares en plantas de maíz sin influencia de la fertilización química.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Colonización %
Barbecho Natural	162,31 b	35,5 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	1 941,55 a	87,5 a
<i>Canavalia ensiformis</i> + HMA	1 905,83 a	83,75 a
Es	238,37*	5,60*

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Tukey (P<0,05).

Muchos autores han encontrado respuesta positiva del maíz a los abonos verdes en rotación, no sólo en el crecimiento sino también, en los rendimientos de granos, debido a la alta incorporación de nitrógeno al sistema, en comparación con los rendimientos obtenidos en sistemas bajo barbecho, que incorporan plantas con bajos contenidos de nutrimentos (Lathwell, 1990).

La influencia de los abonos verdes en la fertilidad de los suelos es atribuida principalmente a la incorporación de nitrógeno derivado de la fijación biológica del nitrógeno cuando se utilizan plantas de la familia de las leguminosas, aumentando la disponibilidad de nitrógeno para las gramíneas cultivadas en sucesión (Jantalia, 2005).

Burkles *et al.* (1999) observaron que la rotación de los abonos verdes con el maíz aumentó los rendimientos de este cultivo. Lo mismo plantearon Mascarenhas *et al.* (1998) al obtener los mejores resultados con la utilización de abonos verdes, que además de suplementar los requerimientos nutricionales de nitrógeno, actuaron como controladores de nemátodos.

La alta micorrización del maíz en rotación con la Canavalia parece deberse a un efecto residual de la multiplicación de los propágulos infectivos de la población nativa del hongo, provocada por el crecimiento intenso del abono verde y que favorece la colonización del cultivo posterior.

Así, autores como Rivera *et al.* (2003) han mostrando la efectividad de la introducción de especies eficientes de micorrizas a través del empleo de abonos verdes, fundamentada por la elevación del número de propágulos infectivos (esporas, hifas y raicillas infectadas) que se produce con el crecimiento de los abonos verdes.

En el Cuadro 5 se observan las medias de los rendimientos en las parcelas principales con fertilización química.

De manera general se observó que entre las parcelas de Canavalia y Canavalia + HMA no se encontraron diferencias y ambas difieren estadísticamente con el barbecho natural, esto probablemente se deba a que en las parcelas con abono verde, además del

mayor aporte de nutrimentos, también se incide en la mejora de algunas propiedades físicas y biológicas del suelo, lo que supone mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo del cultivo de importancia económica, sucesor al abonado verde (Peña *et al.*, 2003) Tampoco hubo diferencias en la micorrización en las parcelas en rotación con Canavalia, y se evidenció un aumento de la colonización del maíz en las parcelas en barbecho, al parecer debido a una posible influencia estimulante de la fertilización química.

CUADRO 5. Rendimientos medios y colonización micorrízica del maíz en presencia de fertilizantes químicos.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Colonización %
Barbecho Natural	1 357,54 b	69,15 b
<i>Canavalia ensiformis</i>	2 241,08 a	83,65 a
<i>Canavalia ensiformis</i> + HMA	2 147,79 a	84,56 ab
Es	141,54*	3,62*

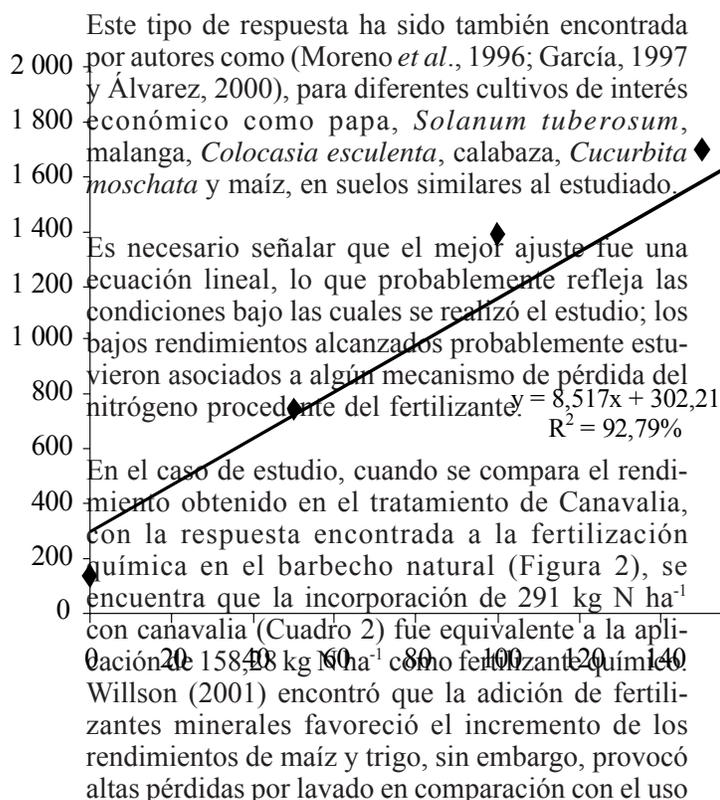
*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Tukey (P<0,05).

Respuesta del maíz a dosis crecientes de fertilizante mineral nitrogenado

Se encontró una respuesta altamente significativa de las plantas de maíz a la aplicación de nitrógeno, reflejado en un mayor desarrollo vegetativo y rendimientos relativamente altos con respecto al testigo, lo que reafirma que la deficiencia de nitrógeno en el suelo limita sensiblemente la capacidad de reproducción de las plantas.

En la Figura 2 se observó un ajuste de regresión lineal ($R^2=92,79\%$) entre los rendimientos obtenidos en el barbecho y la dosis nitrogenada. Esto quiere decir que a medida que aumentan las dosis de nitrógeno (kg ha⁻¹), se incrementa la productividad, o sea, por cada kg ha⁻¹ de nitrógeno aplicado, el rendimiento aumentará un valor medio de 8,517 kg ha⁻¹.

FIGURA 2. Ajuste de regresión para los rendimientos de maíz frente a dosis crecientes de fertilizantes mineral nitrogenado en las parcelas de barbecho natural.



de fertilización orgánica y el empleo de plantas utilizadas como abono verde.

Resultados similares han sido alcanzados por Álvarez *et al.* (1999) y Álvarez (2000) utilizando rotaciones de diferentes leguminosas con maíz, muy recomendadas mundialmente debido al aporte de N al sistema de ellas a través de la fijación biológica del nitrógeno (Torres *et al.*, 1995).

En Guatemala se halló que los residuos de Canavalia produjeron un efecto residual equivalente a la aplicación de 100 kg N ha⁻¹, incrementando de forma consistente los rendimientos de maíz en comparación con un testigo sin N (Urquiaga y Zapata, 2000).

Estos resultados demuestran que sobre los beneficios económicos y ecológicos de los abonos verdes. Por otra parte, en este estudio se evidenció que la simbiosis micorrizica es compatible con la fertilización mineral, a la vez que se confirma las posibilidades del uso de abonos verdes no sólo como fuente de nutrientes, sino como una vía para potenciar los propágulos de cepas eficientes de HMA en el suelo.

AGRADECIMIENTO

A la Organización Internacional de la Energía Atómica (AIEA) por el apoyo brindado con la beca CUB/05032. A los técnicos Mario R. Rentería, Reinerio Reyes, Dayné Horta y Tomás Hernández por el trabajo de campo y laboratorio y al MSc. Ednaldo Araujo da Silva por la revisión final del documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M., M. García y E. Treto. 1999. Eficiencia del N incorporado con los abonos verdes en el cultivo del maíz (*Zea mays*). *Cultivos Tropicales*. La Habana, v. 20, n. 3, p. 49-53.
- Álvarez, M. 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis de Maestría. La Habana. Cuba. *Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. 69 p.
- Burkles, D., B. Trionphe and G. Sain. 1999. Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with *Mucuna*. *International Development Center Ottawa. In: Agriculture and Environment for Developing Regions*, v. 4, n. 9. 227 p.
- Duponnois, R., C. Plenchette, J. Thioulouse and P. Cadet. 2001. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. *Applied Soil Ecology*. 17(3):239-251.
- García, M. 1997. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Tesis de Doctorado. La Habana. Cuba. *Ciencias Agrícolas*. INCA. 98 p.
- García, M., E. Treto y M. Álvarez. 2001. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*. La Habana 22(4):11-16.
- García, M., M. Álvarez y E. Treto. 2002. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*. La Habana. 23(3):19-30.
- Jantalia, C. P. 2005. Estudo de sistemas de uso do solo em rotações de culturas em sistemas agrícolas brasileiros: dinâmica de nitrogênio e carbono no sistema solo - planta - atmosfera. Tesis de Doctorado. Río de Janeiro. Brasil. *Fitotecnia*. Universidad Federal Rural do Río de Janeiro. Seropédica. 120 p.
- Latwell, D. 1990. Legume green manures. Principles for management based on recent research. *Trop Soils Bulletin No. 90-01 (North Carolina)* p. 5-30.
- Mascarenhas, H. A A., S. S. S. Nogueira, R. T. Tanaka, A L. M. Martins e Q. A C. Carmello. 1998. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalaria no inverno (NOTA). *Scientia Agrícola*. 55(3):534-537.
- Moreno, I., A. Leyva y M. E. Dominí. 1996. La *Sesbania rostrata* (Brem) como sustituto de fertilizante nitrogenado en cultivos económicos de ciclo corto. *Cultivos Tropicales*. La Habana. 16(1):49-51.
- Normas Ramales de la Agricultura (NRAG). 837-87. 1987. Suelos. Análisis químico. Reglas generales. Ciudad de la Habana: MINAGRI, Cuba.
- Normas Ramales de la Agricultura (NRAG). 892-88. 1988. Suelos. Análisis químico. Reglas generales. Ciudad de la Habana: MINAGRI, Cuba.
- Peña, F., M. Riverol, E. Cabrera, C. Hernández, G. León, Y Aguilar, J. M. Llenez y C. A. Alfonso. 2003. Manual para el manejo del abonado verde en suelos erosionados dedicados a cultivos varios. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. **In:** CD - ROM Sociedad Cubana de la Ciencias del Suelo. Documentos sobre tecnologías de manejo. SCCS. La Habana. Cuba.
- Resende, A. S. De, D. M. Quesada, R. P. Xavier, J. G. M. Guerra, R. M. Boddey e B. J. A. Alves, S. Urquiaga. 2001. Uso de leguminosas para adubação verde: importância da relação talo/folha. *Agronomia*. 35(1-2):77-82.

Rivera, R., F. Fernández, A. Hernández, J. R. Martín y K. Fernández. 2003. Bases científico - técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. **In:** Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana. 166 p.

Rivera, R. and F. Fernández. 2006: Chapter 33: Inoculation and management of mycorrhizal fungi within tropical agroecosystems. **In:** Biological approaches to sustainable soil systems. Norman Uphoff *et al.*, (Ed.) CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA. ISBN- 10: 1-57444-583-9; ISBN- 13:978-1-57444-583-1.

Sánchez, C. 2001. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares y abonos verdes en la producción de posturas de café en algunos tipos de suelo. Tesis de Doctorado. La Habana. Cuba. INCA. 105 p.

Torres, D., A. Del Pino, O. Casanova y F. Arrondo. 1995. Abonos verdes para maíz. Diálogo XLIII Maíz: Sistemas de producción. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agropecuario del Cono Sur. PROOCISUR. IICA. Montevideo, Uruguay. 188 p.

Urquiaga, S. y F. Zapata. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Genesis; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiología. 110 p.

Willson, T. C. 2001. Managing nitrogen mineralization and biologically active organic matter fractions in agricultural soils. http://lter.kbs.msu.edu/Meetings/1998_All_Inv_Meeting/willson_abstract.htm. <11 de mayo de 2001>.

WRB. 2003. World Reference Base for Soil Resources. Classification Key. FAO AGL (2003). **In:** <http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/newkey.stm>. <17 de enero 2007>.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DEL APIO CRIOLLO¹

TEMPERATURE EFFECTUS UPON THE POSTHARVEST QUALITY OF THE ARRACACHA¹

Auris García* y Emperatriz Pacheco-Delahaye*

¹ Trabajo financiado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela.

*Profesoras. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. Venezuela. Código Postal 2105.

E-mail. aurisgarcia@hotmail.com - E-mail: Olivier@telcel.net.ve

RESUMEN

La calidad de la raíz es el factor clave de comercialización en cultivos del tipo de raíces y tubérculos, y se estima en términos de características de frescura, sanidad y vida útil. Existe poca información en este contexto para apio criollo, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, siendo el objetivo de este trabajo, evaluar el efecto de la temperatura sobre la calidad postcosecha de esta raíz. Se determinaron pérdidas de peso, cambios en la textura, pH, contenido de sólidos solubles (CSS) y comportamiento en la prueba culinaria, en raíces de apio de dos morfotipos: amarillo y blanco, almacenadas a temperaturas de 10 °C con 85% HR y a 28 °C a 60% HR. Los resultados indicaron que las raíces a la temperatura de 10 °C, no manifestaron síntomas de susceptibilidad al frío, por el contrario mantuvieron las características físicas por 5 días, con pérdidas de peso promedio en apio blanco de 13,73 g agua/100g y en el amarillo de 17,65 g agua/100g. Mientras a la temperatura de 28 °C y 60% HR, las mermas fueron mayores en 3d (20,03 g agua/100g) con un efecto negativo en la apariencia general. En las variables de pH (6,6) y CSS (7,2 °Brix), no ocurrieron cambios, pero en la textura hubo un aumento de la resistencia de la raíz: a temperatura ambiente fue de 0,425 N en apio blanco y 0,375 N en el amarillo, respuesta que influyó en el tiempo de cocción (20 minutos). En conclusión, las condiciones de 10 °C y 85% HR, ejercieron un mejor control de la perecibilidad de las raíces, recomendándose para extender la calidad comercial.

Palabras Clave: *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft; apio criollo; calidad postcosecha; almacenamiento de raíces; manejo postcosecha.

SUMMARY

Root quality is a key factor for commercialization of roots and tubers involving freshness characteristics, hygiene and shelf-life. There is scarce information regarding these aspects in arracacha, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. The objective of the work was to evaluate the effect of temperature on some postharvest quality aspects of this crop. The methodology applied allowed the determination of weight loss, texture changes, pH, soluble solids content and performance upon culinary tests, in arracacha roots stored at temperatures of 10 °C and 85% relative humidity (RH), and 28 °C and 60% RH. Results indicated that the roots at 10 °C did not exhibit susceptibility symptoms to cold; on the contrary they maintained their physical characteristics for five days, with average weight losses in white arracacha of 13.73 g water/100g and 17.65 g water/100g in yellow arracacha. While at a temperature of 28 °C and 60% RH, weight losses were high at day three (20.03 g water/100g) with a negative effect on general appearance. As for pH (6.6) and soluble solids content (7.2 °Brix), changes were not apparent, while for texture there was an increase of the resistance of the root: 0.425 N at ambient temperature in white arracacha and 0.375 N in the yellow one, which had an effect on cooking time (20 minutes). In conclusion, a temperature of 10°C and 85% RH, exerted a better control of the shelf-life of the roots. These conditions are recommended in order to extend the commercial post-harvest quality of this crop.

Key Words: *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft; arracacha; postharvest quality; storage of roots; postharvest handling.

RECIBIDO: enero 30, 2006

ACEPTADO: mayo 06, 2007

INTRODUCCIÓN

El apio, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, de la familia de las *Apiaceae*, es una planta dispersa en las zonas altas de la región andina, desde Venezuela hasta Bolivia, cultivada hoy día en las tierras altas de América Central, el Caribe y el área subtropical del Brasil (Randers, 2003).

De esta especie se cultivan tres morfotipos, identificados por el color blanco, amarillo y morado, este último de poco interés comercial, los cuales se consumen cocidas o preparadas en sopas, cremas o purés. El valor nutricional de la raíz, esta dado por su aporte de vitaminas del complejo B, algunos minerales (calcio, potasio, fósforo, hierro), calorías y por la alta fuente de carbohidratos, que constituye un suministro importante a la dieta de las poblaciones rurales, donde el acceso a la carne y la leche son limitadas (Espinoza *et al.*, 2003).

El índice de cosecha usado por los agricultores es la aparición de las hojas amarillas, indicativo del momento en que la raíz acumula la máxima cantidad de materia seca. El método de cosecha es de torsión, arranque manual de la planta y separación de las raíces tuberosas, las cuales tienen un tiempo de vida útil, de 3 a 4 días. La rápida perecibilidad de la raíz ha sido atribuida al alto contenido de agua en el tejido (68-70%) según Sagrilo *et al.* (2003), por lo que se requiere conservar en lugares frescos, aireados y secos o en condiciones de refrigeración a 7-10 °C (45-50 °F) y 85-95% humedad relativa, para extender el tiempo de vida comercial y mantener la calidad aceptable, por un período de 8 a 10 d, previo curado al sol del apio fresco (Leonel y Pascoli, 2002; Espinoza, 1999).

Al respecto, Klinge (2003), señala que el curado y el control de los factores ecofisiológicos contribuyen a reducir la perecibilidad de la raíz, en condiciones tanto de temperatura ambiente, como refrigeradas, por disminuir la tasa respiratoria y la transpiración, así como la incidencia de patógenos.

Por otra parte, Cantwell *et al.* (2002) explican que las condiciones recomendadas para el almacenamiento comercial de raíces, se basan en la conservación a bajas temperaturas. Sin embargo, estos autores mencionan que estos productos, son alta-

mente susceptibles al daño por frío, por lo que debe ensayarse temperaturas que permitan conservar las características de frescura del material, ya que se ha encontrado que condiciones de refrigeración inapropiadas originan altas pérdidas de peso de la raíz, pero además el desarrollo de rebrotes, decoloraciones internas y aumento de pudriciones.

Los investigadores han considerado que algunas raíces se tornan traslucidas y exhiben pudrición externa a la temperatura de almacenamiento de un promedio de 10 °C. De acuerdo a lo expuesto, se resalta la importancia de mantener la frescura y sanidad del producto durante el período de comercialización bajo condiciones apropiadas de temperatura y humedad relativa del medio.

En este sentido, en el país, los centros de acopio de producto fresco mantienen sus cavas de almacenamiento a temperaturas promedios de 10-13 °C, siendo éstas consideradas críticas para conservar raíces. Es por esta razón que el presente trabajo tuvo por objetivo, evaluar el efecto de la temperatura de refrigeración comercial sobre la calidad postcosecha de la raíz de apio criollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las raíces de apio criollo de los morfotipos blanco y amarillo, fueron donadas por la empresa Agroceres C.A, ubicada en Timotes, municipio Tovar, estado Mérida. Las muestras fueron recibidas en el grado de madurez hortícola, utilizado por los agricultores para comercializar el producto, correspondiente al índice agronómico de 12 meses.

Para el ensayo se tomaron al azar 60 muestras, conformadas por 6 unidades de la raíz cada una, equivalentes a 480 gramos aproximadamente, para cada morfotipo, con un total de 120 muestras, que fueron trasladadas en condiciones controladas al Laboratorio de Bioquímica de Alimentos del Instituto de Química y Tecnología, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, estado Aragua.

Para la determinación del tiempo de vida útil comercial de los morfotipos de apio en estudio, se realizó previamente una selección para obtener un material

sano y homogéneo, lavado, desinfectado con una solución de jabón cuaternario comercial al 1%, y secado con ventilación forzada de aire fresco.

Las muestras se almacenaron primero bajo condiciones de laboratorio de $28\text{ °C} \pm 2$ y $60 \pm 5\%$ de HR. El ensayo a nivel de laboratorio, correspondió a un ambiente aireado y seco destinado para el ensayo donde, con el uso de medidores de humedad y temperatura, se registraron y controlaron, las condiciones diarias de almacenamiento, adecuando las variaciones del mismo en caso necesario. De acuerdo a las condiciones, se aplicó ventilación forzada o aumento de la humedad relativa, con el empleo de humidificadores del ambiente y extractores.

La segunda condición del ensayo fue referida al almacenamiento a la temperatura de $10 \pm 2\text{ °C}$ y $85 \pm 5\%$ HR, en una cava de refrigeración dotada de medidores y registradores de temperatura y humedad relativa (Termohigrometro, modelo digital, marca Meter. co. Inc. USA).

Durante el período de almacenamiento se determinaron diariamente las pérdidas de peso, firmeza, contenido de sólidos solubles (CSS), pH, prueba culinaria y al final del período de almacenamiento se midió el contenido de almidón. Las pérdida de peso se calcularon por la diferencia de los pesos diarios, mostrando los datos en gramos de agua/100 g muestra (Flores, 2000).

La firmeza se determinó utilizando el penetrómetro modelo Chatillon, marca Jhon Chatillon y Sons INC, con una aguja de corte biselada (punta de cizallamiento) de 1,3 cm de longitud con el cual se aplicaron los esfuerzos de corte en la posición ecuatorial de la raíz. La fuerza máxima de resistencia, expresada en unidades de kilogramos fuerza (Kgf /mm deformación) y de newton (N/m deformación) fue determinada por la salida del jugo celular o la presencia de rotura en el tejido (Echeverría y Rangel, 1992).

El CSS se realizó siguiendo la norma COVENIN (1977) N° 924-77. El pH se determinó por el método oficial de la AOAC (1990). La prueba culinaria se realizó de acuerdo a la metodología de Borruet *et al.* (2000), que consistió en someter a cocción trozos de la raíz hasta el ablandamiento del tejido (textura apta para el consumo directo). Los

resultados se expresaron en función del tiempo y temperatura de cocción.

Análisis estadísticos

Los datos por triplicado de las mediciones que determinaron la estabilidad comercial del apio almacenado en las dos temperaturas, fueron evaluados por métodos de estadística descriptiva, análisis de varianza de dos vías y pruebas de comparación de medias de Tukey, bajo un diseño completamente aleatorizado (Mongomery, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las raíces almacenadas a la temperatura de 10 °C no mostraron síntomas de susceptibilidad al frío, evidenciado por la inexistencia de desordenes fisiológicos aparentes y de cambios indeseables en la apariencia general del producto. Sin embargo, ante la alta HR del medio (85%), se detectaron pérdidas diarias y constante de peso, hasta el final del período de almacenamiento de 2,75 g agua/100g en apio blanco y de 3,53 g agua/100g en el amarillo, siendo mayores las mermas a la temperatura de 28 °C (6,67 g agua/100g), donde la humedad relativa fue del 60%, condición que originó el incremento el déficit de presión de vapor entre la raíz y el medio, para dar esta respuesta.

Durante el tiempo de almacenamiento, se observó un deterioro progresivo, evidenciado por la senescencia del tejido asociada a la deshidratación (arrugamiento de peridermis o rizodermis), oscurecimiento, firmeza blanda al tacto, facilidad para el doblez manual de la raíz, indicativa de una textura poco crujiente y a nivel de la pulpa áreas duras, sinónimo de un tejido lignificado.

En el momento de finalizar estas observaciones, se determinó la pérdida de peso promedio total. Los valores promedio para la temperatura ambiente a los 3 d, en ambos morfotipos, sin que existiera diferencias significativas ($P > 0,05$) fue de 20,03 g agua/100 g, mientras para la temperatura de 10 °C y 85% HR, a los 5d se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en las mermas de ambos morfotipos, con medias de 13,73 g/100g para el apio blanco y 17,65 g agua/100g en el amarillo (Cuadro 1).

CUADRO 1. Pérdida de peso diaria promedio (g/100g) de los morfotipos de apio amarillo y blanco almacenados a la temperatura de 10°C y 85%HR y 28°C y 60% HR.

Apio	Condiciones de Almacenamiento	Pérdida de peso (g/100g)		
		3 días	5 días	Pérdida diaria
Amarillo	10 °C y 85% Hr	5,88	13,73	2,75
Blanco		13,20	17,65	3,53
Amarillo	28 °C y 60% Hr	20,01	----	6,67
Blanco		20,03	----	6,67

La prueba de comparación de medias, arrojó que al almacenamiento en refrigeración, ejerce un mejor control de la precibilidad de las raíces.

Por otra parte, el mantenimiento de las características físicas visibles asociadas a la pérdida de peso y la frescura del material se determinó por un tiempo máximo de 5d, a la temperatura de 10 °C con 85% HR y de 3d a la temperatura de 28 °C con 60% HR (Figura 1).

Al comparar estos resultados con la literatura, se encontró que estos resultados coinciden con las referencias de Flores (2000) para rubros con alto contenido de agua, como es el caso del apio (75,23 -77,78 g/100 g), pero no así a la temperatura de refrigeración, ya que Espinoza (1999) en otras raíces y tubérculos, determinó un mayor tiempo de vida comercial del producto (8-10 días), quizás atribuido a diferencias en el grado de madurez hortícola de la raíz en estudio y por efecto limitado de la temperatura sobre alta tasa respiratoria/transpiración del rubro, siendo, posible que se requiera condiciones entre 5-8 °C y 90-95% HR como lo indica González (2000).

Con respecto al pH y CSS, éstos se mantuvieron estables hasta el final del período de almacenamiento en estudio (Cuadro 2). Este resultado concuerda con lo explicado por Saftner *et al.* (2003), con relación a que si el material se encuentra en un estado sano y en el grado de madurez hortícola adecuado, la

condición de refrigeración, empleada puede tener un mejor control sobre la actividad metabólica, enzimática y microbiológica en el producto, manteniendo casi inalteradas las características físico-químicas.

Al analizar los promedios de la textura en el apio fresco de ambas morfotipos, se observó que éstos tienden a ceder fácil y rápidamente ante la fuerza de corte por cizallamiento, mostrando un ligero incremento de la resistencia en el transcurso de los días de almacenamiento (Figura 2), siendo menor en las raíces mantenidas en refrigeración que a temperatura ambiente.

Los valores promedios al 5to d de almacenamiento en frío, pasaron de 2,25 a 3,75 kgf (0,225-0,355 N) en el morfotipo blanco y 2,25 a 3,55 kgf (0,225-0,355 N) en el amarillo, mientras los valores a temperatura ambiente, al 3er en el morfotipo blanco pasaron de 2,25 a 4,25 kgf (0,225-0,425 N) y en el amarillo de 2,25 a 3,75 kgf (0,225-0,375 N).

Esta tendencia indicó que durante el almacenamiento ocurre un proceso de senescencia del tejido, por efecto de la alta tasa metabólica del producto, que conlleva a una progresiva pérdida de turgencia, como respuesta a un déficit de presión entre el medio y el rubro, así como una posible lignificación de algunas partes internas de la raíz, comportamiento que fue más lento a la temperatura de 10 °C y 85% HR.

Es de señalar que en este tipo de hortalizas, la estructura celular se considera compleja, por la disposición, adhesión y presión de turgencia de las células, es decir la disposición radial de las columnas de células, desde la medula central, con espacios de aire entre las columnas, lo cual hace del tejido un material más denso, que responde a una fractura o ruptura rápida en el área donde se ejerce la fuerza, resultando en una deformación permanente.

Al ocurrir el progresivo envejecimiento del tejido se detecta una textura dura, que probablemente puede estar asociado al incremento del contenido de lignina a nivel de la pared celular. Esto se plantea con base en las experiencias de Aguilar *et al.* (1999), quienes explican que durante el envejecimiento de los vegetales se produce la síntesis suplementaria de fibrillas a partir de carbohidratos solubles, originando la pérdida de turgencia y de la crujeñía del tejido.

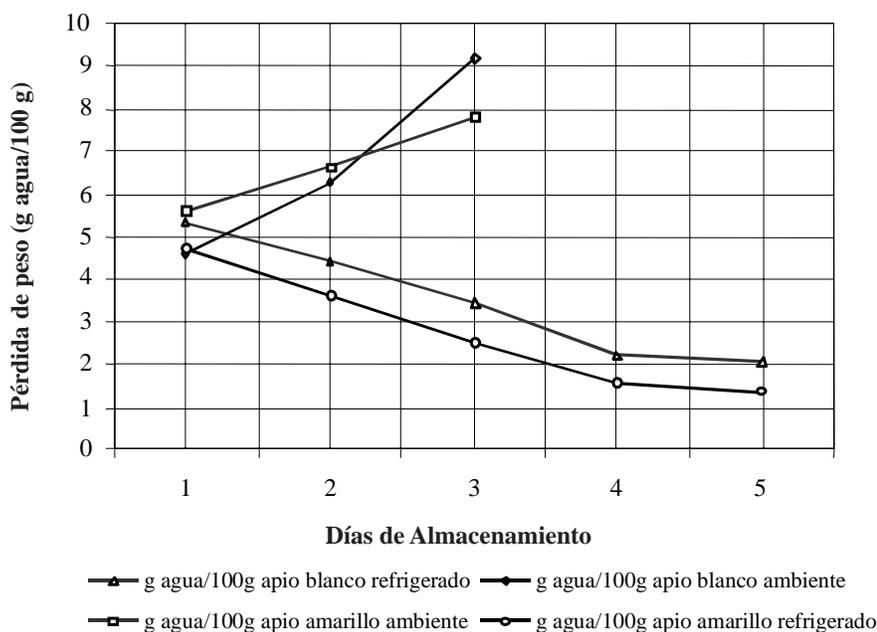


FIGURA 1. Evolución de la pérdida de peso (g agua/100g) durante el período de almacenamiento a temperatura ambiente (28 °C y 60% HR) y de refrigeración (10 °C y 85% HR). **Nota:** Las raíces mantenidas en ambiente presentaron una merma alta y constante que condujo a la deshidratación del tejido en tres días, mientras refrigeración la pérdida de agua (g agua/100g) fue menor durante el tiempo de almacenamiento de cinco días.

CUADRO 2. Comportamiento del pH y del contenido de sólidos solubles de raíces de apio criollo de los morfotipos blanco y amarillo durante el almacenamiento a dos condiciones de temperatura y humedad relativa.

Condiciones de Almacenamiento		Tiempo				
		Apio Amarillo		Apio Blanco		
		Inicial	Final	Inicial	Final	
Temperatura de Refrigeración 10 °C y 85% Hr		5 días		5 días		
		pH	6,6 ± 0,01 ^a			
		%Sólidos solubles	7,2 ± 0,1 ^c	7,2 ± 0,1 ^c	7,8 ± 0,1 ^a	7,8 ± 0,1 ^a
Temperatura Ambiente 28 °C y 60% Hr		3 días		3 días		
		pH	6,6 ± 0,01 ^a			
		%Sólidos solubles	7,2 ± 0,1 ^c	7,0 ± 0,1 ^c	7,8 ± 0,1 ^a	7,6 ± 0,1 ^b

* Letras iguales indica que no existen diferencias significativas entre los promedios del pH o del % sólido solubles de las muestras para el P ≥ 0,05.

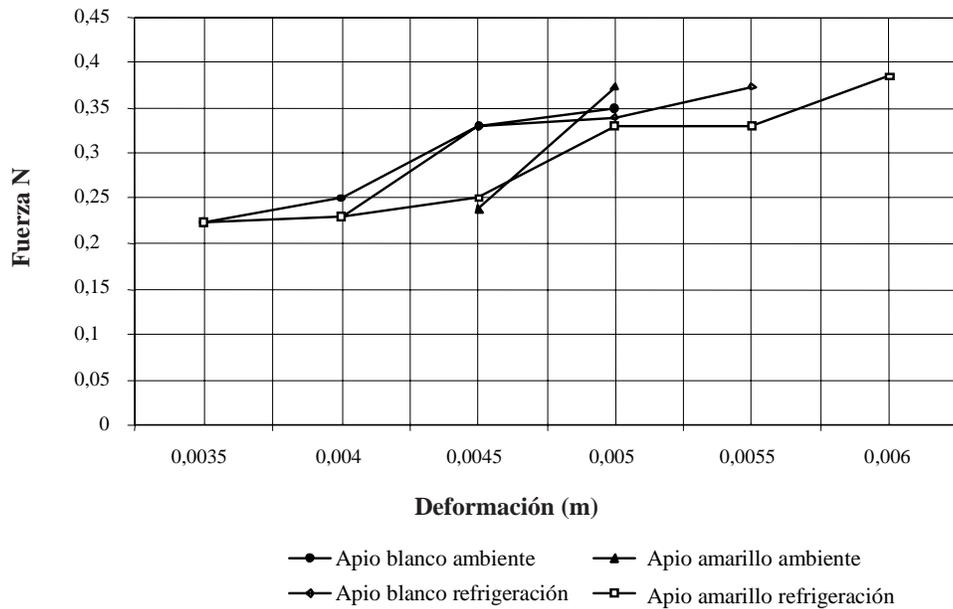
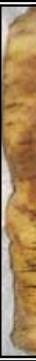


FIGURA 2. Tendencia de los valores promedio de la textura (N) en función a la deformación (m) en los morfotipos de apio blanco y amarillo almacenados a temperatura ambiente (28 °C y 60% HR) y de refrigeración (10°C y 85%HR).

Los principales daños encontrados a los 3 d de almacenamiento, tanto a temperatura ambiente como de refrigeración, fueron manchas oscuras, áreas blandas y acuosas, que condujeron en corto tiempo a una pudrición blanda en el tejido, como consecuencia de los daños previos por magulladuras (Figura 3). Este daño, también fue observado por Souza *et al.* (2003), quienes explican que los impactos originan deformaciones plásticas con rupturas superficiales que aceleran los procesos metabólicos, y por ende, la degradación del tejido, manifestada por cambios en la textura, color, sabor y olor que propician la fermentación y un medio para el crecimiento y desarrollo de microorganismos deteriorativos de la calidad del producto fresco.

La prueba culinaria resultó ser un factor clave para determinar el tiempo de vida útil del producto al comparar la variación del tiempo de cocción con respecto al producto fresco y las cualidades organolépticas típicas que lo identifican, ya que tiempos prolongados de cocción conducen a la pérdida de compuestos solubles y aromáticos, que puedan ser relevantes para definir el aroma, color y sabor del rubro.

FIGURA 3. Principal incidencia de daño por efecto de impactos sobre la raíz (magulladuras) que al final del tiempo de almacenamiento desarrollo una pudrición blanda (acuosa), observada a temperatura ambiente a los tres días y en refrigeración a los cinco días.



En el Cuadro 3, se observa que para ambos morfotipos, al final del período de almacenamiento a temperatura ambiente y de refrigeración, el tiempo de cocción, fue mayor con respecto al tiempo inicial (10 min), no existiendo diferencias significativas entre ellos. Estas respuestas permitieron inferir sobre la facilidad del pelado manual, la característica textural y sensorial de la pulpa. En este sentido, se encontró que la intensidad del color típica disminuyó la facilidad de pelado se redujo por la pérdida de turgencia del tejido. Adicionalmente se detectó la sensación de harinosidad de la pulpa y se relacionó con presencia de áreas duras asociadas a la lignificación.

CONCLUSIONES

- Como era de esperarse, las condiciones de refrigeración a la temperatura de 10 °C y 85% HR controlaron la rápida pérdida de peso, los cambios texturales y composicionales de las raíces de apio de ambos morfotipos, manteniendo las características físicas y culinarias por un tiempo máximo de 5 d.

- Para garantizar la calidad del producto fresco, se sugiere comercializarlo y transportarlo bajo condiciones de refrigeración, previa selección y limpieza con la finalidad de reducir los cambios deteriorativos, la pérdida de peso y de apariencia del producto, dada la susceptibilidad de la raíz a la alta temperatura ambiente y baja humedad relativa.
- Igualmente, se recomienda investigar otras regímenes de temperatura de refrigeración y humedad relativa o condiciones de atmósferas modificadas, con la finalidad de obtener una forma de conservación óptima, que permita ampliar el margen de disponibilidad y aprovechamiento de estos rubros altamente perecederos.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la agroindustria Corporación Agroceres C.A en Timotes, estado Mérida y la ayuda técnica de Gloria de Pinto.

CUADRO 3. Valores promedio del tiempo de cocción al inicio y final del período de almacenamiento de las raíces a temperatura ambiente y de refrigeración a 10 °C y 85% HR.

Condiciones de Almacenamiento	Tiempo de Cocción			
	Apio Amarillo		Apio Blanco	
	Inicial	Final	Inicial	Final
		5 días		5 días
Temperatura de Refrigeración 10 °C y 85% Hr	10,0 ± 0,1 ^c	22,0 ± 0,2 ^a	10,0 ± 0,1 ^c	22,0 ± 0,2 ^a
		3 días		3 días
Temperatura Ambiente 28 °C y 60% Hr	10,0 ± 0,1 ^c	20,0 ± 0,2 ^b	10,0 ± 0,1 ^c	20,5 ± 0,2 ^b

* Letras iguales indica que no existen diferencias significativas entre los promedios del tiempo de cocción de las muestras para el $P \geq 0,05$.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C., M. Reyes, H. Garza y J. Contreras. 1999. Aspectos bioquímicos de la relación entre el escaldado TB-TLY la textura de los vegetales procesados. *Revista de la Sociedad Química de México*, 43(2):54-62.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official methods of analysis. Volume I y II. 15th ed. AOAC, Arlington, V.A. USA. 1 289 p.
- Borruey, A., F. Cotrina, J. Mula y C. Vega 2000. Calidad industrial y culinaria de tubérculos: variedades de patata. **In:** Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata, Editorial Vitoria-Gastéis, España. pp. 1-15.
- Cantwell, M., P. Galen and E. Mercado. 2002. Induction of chilling injury in jicama (*Pachyrhizus erosus*) roots changes in texture, color and phenolics. *Postharvest Biology and Technology* 25(3):311-320.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin). 1977. Determinación de los sólidos solubles en jugos y néctares de frutas. N° 924-77. Fondo-norma. Caracas Venezuela. 6 p.
- Echeverría, H. y O. Rangel. 1992. Caracterización físico-mecánica de algunos productos hortofrutícolas. **In:** Taller de Transferencia de Manejo y Tecnología Postcosecha. Jornadas Técnicas de Ingeniería Agrícola. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 10 p.
- Espín, S., E. Villacrés y B. Brito. 2003. Caracterización físico - química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. *Revista Centro Internacional de la Papa*: 101-107.
- Espinoza, P. 1999. Caracterización y situación del cultivo de la apio. **In:** Documento presentado en el Taller "Promoción de Cultivos Andinos: Desarrollo para la Agroindustria y Mercados para la Apio". *Revista Centro Internacional de la Papa*, 1:10-15.
- Flores, A. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y recomendaciones. 2da Edición. Editor Cátala. Imprenta Nacional ISBN: 980-368-039-0. San Carlos -Estado Cojedes-Venezuela. 224 p.
- González, F. 2000. Producción de patatas: consideraciones sobre su cultivo y conservación. **In:** Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España. 10-15 p.
- Klinge, K. 2003. Las deficiencias en postcosecha en la cadena productor consumidor de la papa en el Perú. *Revista Centro Internacional de la Papa*, 3:11-16.
- Leonel, M. e M. Pascoli. 2002. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(1):106-109.
- Mongomery, D. 1981. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Iberoamericana. California. 589 p.
- Randers, S. 2003. Reproduction biology of the Andean root crop apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft var. *xanthorrhiza*) and the taxonomic status of the South American *Arracacia* Bancroft species with special emphasis on the position of the cultivated apio and related wild species. Ph.D. thesis. Botanical Section, Department of Ecology. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen, Denmark. 123 p.
- Saftner, R., J. Bai, J. Abbott and Y. Lee. 2003. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Postharvest Biology and Technology*. 29(3):257-269.
- Sagrilo, E., P. Soares, M. Genildo, C. Scapim and M. Gonçalves. 2003. Effect of harvest period on the quality of storage roots and protein content of the leaves in five cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(2):91-98.
- Souza, R., G. Henz e J. Peixoto. 2003. Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandioquinha-salsa na cadeia de pós-colheita. *Horticultura Brasileira*, 21(4):712-718.

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

Instrucciones para los Autores

Agronomía Tropical publica trabajos originales producto de la investigación en el área de la agronomía. Se reconocen por trabajos originales aquellos que son producto de la investigación o experimentación, que tienen como objetivo concreto desarrollar nuevos conceptos o tecnologías y adaptar las existentes a las condiciones locales.

El envío de trabajos a **Agronomía Tropical** implica que no han sido presentados para su publicación en otra revista.

Los trabajos cortos, que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, o especies nuevas, serán publicados en la revista como notas. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

Manuscritos

Se requieren un original y tres copias legibles, mecanografiadas a doble espacio en papel blanco tamaño carta (28,0 x 21,5 cm), utilizando una sola cara con márgenes de 2 cm en la parte superior y 3 cm en los demás lados. Las páginas deben ser numeradas consecutivamente. La versión final del trabajo, en la cual se han acogido las observaciones de los revisores, deberá remitirse tanto en un original mecanografiado, como archivado en un CD transcrito en MS Word, Open Office Writer.

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), palabras clave, resumen, introducción la cual debe incluir la revisión de literatura, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones (si las hubiere), resumen (summary) y título en inglés, agradecimiento (si hubiere), bibliografía.

Los títulos de cada una de las partes del trabajo deben insertarse en el texto en letras mayúsculas y en el centro de la página.

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias. Junto al manuscrito es nece-

sario anexar una carta de Fe, donde se declare que el trabajo no ha sido presentado en ningún otro medio.

Título. Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

Autor(es). Primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos (*) para identificar al pie de página el cargo, la institución, dirección postal donde trabajan y correo electrónico. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

Resumen. Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, 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 asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001 (***); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo.

Figuras. Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). 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 Harward Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

Debe evitar el uso del color en los gráficos y demás figuras, ya que esto encarece la edición de la revista. De requerirse el uso del color en las fotografías, agrúpelas y numérelas secuencialmente.

Bibliografía. Sólo deben ser incluidas publicaciones que estén disponibles en las bibliotecas; las comunicaciones personales serán citadas en el texto al pie de página indicando el nombre completo y la dirección del autor de la comunicación, el año en que se produjo. Las citas bibliográficas deben ser ordenadas alfabéticamente siguiendo el siguiente esquema:

- **Artículos de revistas:** autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.
- **Libros y folletos:** autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.
- **Artículos en una publicación colectiva:** autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.
- **Tesis:** autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

Dos o más artículos del mismo autor(es) deben ser ordenados cronológicamente, en caso de ser del mismo año debe usarse letras minúsculas a, b, c, d, etc.

Revisión de los Manuscritos. La revista garantiza la confidencialidad en el proceso de revisión de los trabajos por parte de especialistas reconocidos.

Estilo. Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título (cuando se requiera así como en el resumen, summary y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.

Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilícelo seguido del símbolo®.

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el summary y en el cuerpo del artículo.

Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de 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. Por favor, depositar el monto del volumen completo más costo de envío al Banco Mercantil, Cuenta Corriente N° 0105-0100-84-1100095039 a nombre del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Comunicarse con la Sra. Mirna Ávila, correo electrónico mavila@inia.gob.ve, número telefónico 0243-2404779, Oficina de Distribución y Venta, Gerencia General del INIA.

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

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Enero 2008

