



INIA  
Instituto Nacional  
de Investigaciones  
Agrícolas

Vol. 57, N° 1, 2007

# **Agronomía Tropical**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

## AGRONOMÍA TROPICAL

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

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

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

## INDIZACIÓN

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

## SUSCRIPCIÓN

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

## DIRECCIÓN

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

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

# **AGRONOMÍA TROPICAL**

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



## INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS AGRONOMÍA TROPICAL

Dra. Nelly Delgado  
GERENTE GENERAL

Dr. Prudencio Chacón  
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Margaret Gutiérrez  
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. Ignacio Entrena  
GERENTE DE NEGOCIACIÓN

### FUNDADORES

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

### COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández  
EDITOR JEFE

Mónica González  
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo  
SECRETARÍA

Carmen Solorzano  
SECRETARÍA

### EDITORES ASOCIADOS

Dra. Rosemary Warnock, UCV  
Producción Vegetal

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

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo  
Frutales

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

Dra. Beatriz Lozada, INIA- Táchira  
Agrometeorología

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

### COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández  
María González

Félix San Vicente  
Klaus Jaffé

### CONSEJO DE REDACCIÓN

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

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

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

ÍNDICE

<b>Editorial</b>	<b>Pág.</b>
<b>Artículos:</b>	
RUIZ, C., T. RUSSIÁN y D. TUA. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla..... Effect of the organic fertilization in the cultivation of the onion.	7
MAZZANI C., E., C. MARÍN R. y J. R. ROMERO. Clasificación del Banco de Germoplasma de ajonjolí de Venezuela basada en escalas cualitativas..... Classification of the Bank of Germoplasma of sesame of Venezuela based on qualitative scacles.	15
HENRIQUE, C. M., M. P. CEREDA y N. DUPUY. Análise de cor, transparência e infravermelho dos filmes de fécula modificada de mandioca..... Color, transparency and infra-red analysis of modified cassava staech films. Análisis del color, transparencia e infra-rojo de las películas del almidón modificada de yuca.	25
LÓPEZ, M., I. LÓPEZ de ROJAS, M. ESPAÑA, A. IZQUIERDO y L. HERRERA. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrícicos arburculares en plantaciones de <i>Theobroma cacao</i> ..... Effect of the inorganic fertilization on the availability of nutrimentos in the ground, level nutricional of the plant and fungi micorrícicos arburculares in planttations de <i>Theobroma cacao</i> .	31
ARNAO, E., N. RODRÍGUEZ, P. HINRINSEN, Y. JAYARO, C. RAMIS e I. PÉREZ-ALMEIDA. Evaluación de la diversidad genética de subespecies de arroz usando marcadores microsátélites y AFLP..... Evaluation of genetic diversity in rice subespecies using AFLP and microsatellite markers.	45
AVILÁN, L., E. SOTO, M. PÉREZ, C. MARÍN R., M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. Evaluación de la forma de copa y el aserrado de las ramas en Haden, Tommy Atkins, Edward y Kent, sobre los rendimientos y la eficiencia productiva. Ciclos 2000 al 2003..... Evaluation of the form of glass and the sawed one of the branches in Haden, Tommy Atkins, Edward and Kent, on the yields and the productive efficiency. Cycles 2000 to the 2003.	51
SINDONI V., MARÍA J., E. CALDERA R., C. PÉREZ, L. MARCANO, R. PARRA y C. MARÍN R. Evaluación de agentes coagulantes para la formulación de jugo a partir de pseudofrutos de merey..... Evaluation of coagulating agents for the formulation of juice from pseudofruits of merey.	61

## EDITORIAL

En estos tiempos de cambios, el mundo de las artes gráficas exige modelos que brinden agilidad y fácil lectura, es por ello que la revista Agronomía Tropical no escapa a dichos cambios, presentando un nuevo formato de la publicación con medidas de 21,5 cm de ancho por 28 cm de alto. Este tamaño permite incluir mayor cantidad de artículos por número, así como agrandar el tamaño de la letra y colocar los Cuadros y Figuras en un tamaño mayor lo que facilita la lectura, con un diseño gráfico más acabado.

Por otro lado, se informa a la comunidad científica que se ha ampliado el área de editores asociados, clasificándolos por disciplinas como lo son Edafología (fertilidad y nutrición de suelo, riego), Biotecnología, Agrometeorología (ecología, medio ambiente), Frutales, Producción Vegetal - modelos agroambientales, Cereales, Malezas y Semillas, entre otros.

Con estos cambios se espera brindar un enfoque integral a las diferentes disciplinas de las Ciencias Agrícolas, lo que permitiría cumplir con la demanda solicitada por los investigadores y las exigencia de diversas instituciones que como el Fonacit, las cuales apoyan y reconocen a la publicación Agronomía Tropical.

Sin más por el momento, el equipo que conforman Agronomía Tropical desea seguir contando con el apoyo de sus investigadores como autores, evaluadores e instituciones de Venezuela y sobre todo más allá de los límites nacionales, para así continuar con el proceso de divulgación de la Ciencia Agrícola Tropical.

Licenciada Milagros Fernández  
Editora Jefe de Agronomía Tropical

## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE LA CEBOLLA

### EFFECT OF THE ORGANIC FERTILIZATION IN THE CULTIVATION OF THE ONION

César Ruiz\*, Tania Russián\*\* y Domingo Tua\*

\* Investigadores. INIA. Estación Experimental Falcón. E-mail: cruiz1192@latinmail.com.

\*\* Profesora. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda", UNEFM.  
Código Postal 4101 Coro, estado Falcón. Venezuela.

#### RESUMEN

En suelos Franco-arcillosos, clasificados como Haplocambids, en el municipio Federación, del estado Falcón, se evaluaron sobre el cultivo de cebolla cv. Texas Grano 438, 5 fuentes alternativas de fertilizantes orgánicos a razón de 30 t ha<sup>-1</sup> de: bagazo de caña (bc), pulpa de café (pc), estiércol caprino (ec), estiércol bovino (eb), gallinaza (g), conjuntamente con la fertilización química; que consistió en 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio, 120 kg ha<sup>-1</sup> de fosfopoder y 230 kg ha<sup>-1</sup> de K(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Se usó un diseño experimental en bloques al azar, con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Cada tratamiento constó de 6 surcos, separados 0,60 cm por 1,50 m de largo. A los 86 d, se midieron las variables: altura de plantas (ap), número de hojas, (nh), número y peso promedio de bulbos (pb) y diámetro de bulbo (db); y a los 116 d, la productividad, a través del número de plantas, producción, peso promedio del bulbo y rendimiento (r). El ec promovió mayor ap y el mayor grosor del bulbo, así como el mayor nh, encontrándose diferencias significativas (P<0,05); el mayor r se alcanzó con la aplicación de bc (30,08 t ha<sup>-1</sup>), seguido por el eb y la pc, con 29,26 y 28,38 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En cuanto a las variables de productividad no se encontró diferencias estadísticas para ninguna de las variables. En todos los casos el menor promedio correspondió al testigo, por lo que se recomienda continuar los ensayos incluyendo el análisis de las propiedades químicas del suelo.

**Palabras Clave:** Cebolla; *Allium cepa* L.; bagazo; estiércol; fertilización; rendimientos.

#### SUMMARY

In clay loam soils classified as Haplocambids, located in the municipality of Federación, Falcon State, five (cane trash (bc), coffee pulp (pc), caprine manure (ec), bovine manure (eb), hen dung (g) alternative sources of organic fertilizers applied to an onion crop, cv. Texas Grain 438, at a rate of 30 T ha<sup>-1</sup> were evaluated. Chemical fertilization was also applied at 160 kg ha<sup>-1</sup> of ammonium nitrate, 120 kg ha<sup>-1</sup> of fosfopoder and 230 kg ha<sup>-1</sup> of K(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. A random block experimental design was used with six (6) treatments and three repetitions. Each treatment consisted of six furrows of 1,5 m of length, separated 0,60 cm. At 86 days the following variables were measured: plant height (ap), number of leaves, (nh), number and average weight of bulbs (pb) and bulb diameter (db); and at 116 days, the productivity, through the number of plants, production, weight average of the bulb and yield (r). The ec promoted greater ap, db, and nh, showing significant differences (P<0,05); the greatest r was reached with the bc application (30,08 t ha<sup>-1</sup>), followed by eb and pc, with 29,26 and 28,38 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. With respect to productivity variables no statistical differences were found. Since in all cases the smallest average corresponded to the control, it is recommended to continue the investigations including the analysis of the chemical properties of the soils.

**Key Words:** Onion; *Allium cepa* L.; trash; manure; fertilization; yields.

## INTRODUCCIÓN

El volumen de producción mundial de la cebolla, *Allium cepa* L., alcanza los 28 millones de toneladas anuales, en 2,5 millones de ha; en América del Sur destaca la producción de Brazil con 70 000 ha, Argentina con 16 000 ha, Colombia con 11 000 ha y Chile con 9 000 ha (Pathak, 1994; FAO, 1993), en Venezuela es la hortaliza que ocupa el segundo lugar en área sembrada con 9 880 ha para el 2003 (FEDEAGRO, 2005).

En general, la producción del rubro en los países desarrollados se realiza con alta tecnología, referido a los sistemas de riego por goteo y materiales genéticos utilizados; sin embargo, en los trópicos se requiere de mucha investigación referida a: conservación y evaluación de recursos genéticos, cruzamientos para los requerimientos en los trópicos, tecnologías de producción de semillas, estudios agronómicos (Viloria *et al.*, 2003), estudios de plagas y enfermedades en relación al clima, el acondicionamiento fisiológico de la semilla (Caseiro y Filho, 2005) sobre la respuesta ambiental de diferentes tipos de cebollas de días cortos, vernalización (Reghin *et al.*, 2005), efectos de la temperatura, cosecha y poscosecha (Currah y Proctor, 1994; Pathak, 1994).

La agricultura de los últimos años en Venezuela se ha caracterizado por la introducción de factores de producción diversos, ajenos a los agroecosistemas, es por eso que se encuentra una alta incorporación de fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, con el consecuente incremento de los costos de producción; de allí que exista la necesidad de hacer más eficiente el uso de estos insumos para obtener mayor rentabilidad de los cultivos. De manera general, la producción agrícola se realiza de forma intensiva, con grandes aplicaciones de agroquímicos lo cual pone en riesgo la salud del productor, de la familia, que en muchos casos vive dentro de la unidad de producción y colabora con las labores de campo, así como también del consumidor.

La sociedad cada vez está más interesada en reducir el daño al ambiente causado por las actividades agrícolas, sobre todo con respecto a riesgos de salud que son el resultado del uso desmedido de agroquímicos. La agricultura convencional empezó a ser cuestionada, y en el campo agrícola se están produciendo cambios, que reviertan el deterioro y los efectos dañinos de los pesticidas en general (Van Bruggen, 1995 citado por Bettioli *et al.*, 2004). Velasco *et al.* (2001) resalta la importancia de implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible. En este sentido, la aplicación de abonos orgánicos, son alternativas que pueden emplearse en la producción agrícola.

Se han desarrollado muchos sistemas de producción alternativos, estableciéndose y entre ellos, la agricultura orgánica, la certificación en muchos países. La agricultura orgánica es caracterizada por la ausencia de fertilizantes sintéticos y pesticidas, además de la utilización frecuente de fuentes de materia orgánica para mantener la fertilidad de la tierra (Van Bruggen, 1995 citado por Bettioli *et al.*, 2004).

Es reconocida la importancia y la necesidad de la agricultura orgánica en hortalizas de hojas, en las cuales se demostró la compensación de las pérdidas de nutrientes ocurridas durante su cultivo (Kimoto, 1993); en repollo (Silva, 1984), así como también en alfalfa (Vigidal, 1997), se han demostrado incrementos de la producción cuando estas fueron fertilizadas apenas con estiércol bovino. En tal sentido el objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de 5 fuentes orgánicas sobre el crecimiento y los componentes del rendimiento de cebolla, cultivar Texas Grano 438.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del Área Experimental

El estudio se realizó en el municipio Federación el cual se encuentra en el centro sur del estado Falcón. La capital es Churuguara, ubicada a 936 m.s.n.m. Comprende un conjunto de sabanas colinosas en las zonas más altas (unidad agro ecológica 2D1), clasificada como bosque seco premontano (Ewel *et al.*, 1976). Se presentan suelos Franco-arcillosos, clasificados como Haplocambids. Mientras que las áreas más bajas, son característicos de climas semiáridos, con vegetación xerófila; caracterizada por 9 meses secos, y 3 meses húmedos, con temperatura anual mínima 28,5 °C, máxima 32,5 °C; y la precipitación promedio anual entre 550 mm y 1 100 mm. La ubicación geográfica es de 10°20'5" latitud norte y 69°31'33" longitud oeste.

### Material Genético Usado

El material genético usado en la siembra fue la variedad Texas Grano 438, que es un material de días cortos, de ciclo tardío, 110-120 días después del transplante (DDT). De bulbos redondos y amarillos, el cual ha mostrado una buena adaptación climática, sobre todo en transplantes de comienzo de año. También es un material con resistencia a *Fusarium* y raíz rosada.

### Manejo Agronómico

El suelo se preparó con un pase de arado, 3 de rastra y se construyeron serpentinales con surcos de 1,50 m de

largo espaciados a 0,60 m la siembra fue manual transplantándose las plantas a una distancia de 10 cm y el riego por surcos cada 2 d. El análisis de suelo mostró una textura franco arcillosa, con niveles de P, muy bajos; K, medio; Ca, alto; M.O., medio y C.E. baja.

Se usó una fertilización básica de 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio, 120 kg ha<sup>-1</sup> de fosfopoder y 230 kg ha<sup>-1</sup> de K(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. El P se aplicó todo en presiembra, el N fraccionado 50 kg ha<sup>-1</sup> a los 12 DDT; 50 kg ha<sup>-1</sup> a los 30 DDT y 60 kg ha<sup>-1</sup> a los 60 DDT, de igual manera el K se fraccionó en 60, 60 y 110 kg ha<sup>-1</sup> a los 12, 30 y 60 DDT, respectivamente.

### Tratamientos

Los tratamientos (5) consistieron en la aplicación de 30 000 kg ha<sup>-1</sup> de cada una de las fuentes orgánicas (Cuadro 1), y un testigo, al cual no se le aplicó ninguna fertilización; la aplicación de las fuentes orgánicas se realizó 8 meses antes del transplante. El análisis de cada fuente señaló los siguientes valores de macro y micronutrientes:

### Variables evaluadas

- a) **Altura de plantas (ap):** se midió desde la zona de unión de la base de las hojas (cuello) hasta el ápice de la rama más larga a los 86 DDT, sobre 3 plantas tomadas al azar y marcadas previamente. Los resultados se expresaron en centímetros.
- b) **Número de hojas (nh):** se procedió a contar la cantidad de hojas emitidas por planta. Las evaluaciones se realizaron a los 86 DDT.

c) **Peso promedio de bulbos (pb):** al momento de la cosecha (116 DDT) se contaron y pesaron los bulbos para obtener el peso total cosechado por tratamiento y el peso promedio de bulbos. Los resultados se expresaron en kilogramos y gramos.

d) **Diámetro de bulbo (db):** fue medido, al momento de la cosecha, con un vernier el diámetro correspondiente a la parte del bulbo más ensanchada o la zona del ecuador; esta medición se hizo a los 116 d. Los resultados se expresaron en centímetros.

e) **Producción (p):** se obtuvo pesando el número total de los bulbos cosechados por tratamiento. El resultado se expresó en t ha<sup>-1</sup>.

f) **Rendimiento(r):** con el pb, el número de plantas por ha, el número de bulbos totales, se calcularon los r finales por tratamientos. Los resultados se expresaron en kg ha<sup>-1</sup>.

De tal manera que, según la dosis aplicada, el aporte por hectárea de cada una de las fuentes orgánicas se muestra en el Cuadro 2.

### Diseño Estadístico

Se usó un diseño experimental en bloques al azar, con 6 tratamientos y 3 repeticiones, resultando 18 unidades experimentales en total. Cada tratamiento constó de 6 surcos, separados 0,60 m por 1,50 m de largo; sembrados en serpentin. Los resultados se analizaron por el programa estadístico InfoStat, realizando los ANAVAS correspondientes y aplicando la prueba de separación de medias de Duncan a las variables estadísticamente diferentes al valor de significancia de 5%.

**CUADRO 1.** Contenido de macro y microelementos de 5 fuentes orgánicas.

Tratamiento	Macroelementos (%)					Microelementos (ppm)		
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
<b>Pulpa de café</b>	1,33	4,92	1,27	1,61	0,44	14,33	141,07	191,01
<b>Est. caprino</b>	0,64	3,98	0,83	2,21	1,30	15,28	164,84	238,51
<b>Est. bovino</b>	1,07	3,14	1,82	2,00	0,60	26,71	170,82	218,20
<b>Bagazo de caña</b>	1,32	1,65	1,39	0,25	0,40	1,85	237,50	75,00
<b>Gallinaza</b>	1,24	4,76	1,82	8,89	0,68	3,69	498,38	22,98

Nota: análisis realizados por el laboratorio de suelos y tejidos. CENIAP.

**CUADRO 2.** Cantidad de macro y microelementos aportada por cada una de las fuentes orgánicas.

	kg ha <sup>-1</sup>							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
<b>Pulpa de café</b>	399	1 476	381	483	132	0,42	4,23	5,73
<b>Est. caprino</b>	192	1 194	249	663	390	0,45	4,95	7,17
<b>Est. bovino</b>	321	942	546	600	180	0,81	5,13	6,54
<b>Bagazo de caña</b>	396	495	417	75	120	0,06	7,14	2,25
<b>Gallinaza</b>	372	1 428	546	2 667	204	0,12	1,50	0,69

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se muestra el efecto de los tratamientos sobre las variables de crecimiento y desarrollo, encontrándose diferencias significativas para estas variables. La mayor altura se registró con el ec, con 71,74 cm. De la misma manera, para la variable nh con este tratamiento se registró el mayor promedio de 8,07. En ambos casos el menor promedio se encontró en el testigo.

Con relación al db, se encontraron diferencias significativas resultando los mayores promedios a los tratamientos eb y ec con valores que oscilaron entre 5,59 y 5,31 cm, respectivamente, el testigo resultó con el menor promedio (4,55 cm) seguido por la g, con 4,86 cm.

Cuando se analizó el efecto individual de la fertilización orgánica vs., la fertilización mineral sobre las variables de crecimiento, se observa que se encontraron diferencia

significativas para las variables nh y db (Cuadro 4). Con relación al nh y db, el mayor promedio se registró con el tratamiento orgánico 7,68, 5,33 cm, respectivamente; esto indica que existe un efecto aditivo positivo de las fuentes orgánicas sobre estas variables, ya que el efecto de la fertilización mineral esta bien documentado, sobre los componentes del rendimiento.

El Cuadro 5 muestra el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos sobre el número de plantas, peso pb (g), producción (kg) y rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>). Aún cuando no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se observa que con el eb, se registró el mayor número de plantas a cosecha con 183,0 y el menor promedio con el tratamiento pc, con 169,0. Con relación al pb, el bc, mostró el mayor promedio con 128,31 g, seguido por el testigo y el eb con 117,96 y 117,02 g, respectivamente y el menor valor con la g (106,90).

**CUADRO 3.** Efecto de diferentes fertilizantes orgánicos sobre la altura de plantas, número de hojas y diámetro del bulbo de cebolla (*Allium cepa*) cv. Texas Grano 438 medida a los 86 días después del transplante.

Tratamientos	Altura (cm)	Número de hojas	Diámetro del Bulbo (cm)
<b>Estiércol bovino</b>	69,25ab <sup>1</sup>	7,67ab	5,53b
<b>Estiércol caprino</b>	71,74b	8,07b	5,59b
<b>Gallinaza</b>	66,28a	7,33ab	4,86a
<b>Pulpa de café</b>	65,99a	7,80ab	5,34b
<b>Bagazo de caña</b>	67,02ab	7,53ab	5,31b
<b>Testigo</b>	64,05a	7,07a	4,55a

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

**CUADRO 4.** Efecto de la fertilización orgánica y mineral sobre el crecimiento de la cebolla (*Allium cepa*) cv. Texas Grano 438 medida a los 86 días después del transplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Número de hojas	Diámetro del bulbo(cm)
<b>Orgánico</b>	68,06 a <sup>1</sup>	7,68 a	5,33 a
<b>Mineral</b>	64,05 a	7,07 b	4,55 b

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

La mayor producción se registró en el tratamiento bc con 22 300,0 kg, seguido por el eb con 21 160,0 kg y el testigo con 20 480,0 kg; los demás tratamientos mostraron valores de 18 960,0; 18 620,0 y 18 520,0 kg (pc, ec y g, respectivamente). De la misma manera, el mayor pb así como de r se encontró con el bc (30,08 t ha<sup>-1</sup>), seguido por el eb y la pc, con 29,26 y 28,38 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La g mostró el menor valor con 26,72 kg ha<sup>-1</sup>.

Figuroa *et al.* (2001) en un estudio de fertirrigación de cebolla con 12 tratamientos de N-P-K, observaron que aún cuando no hubo diferencias significativas, sino sólo en el peso de las hojas, los mejores rendimientos resultaron de los niveles más altos de N (120 kg ha<sup>-1</sup>) con el más bajo de fósforo (20 kg ha<sup>-1</sup>), independientemente de la cantidad de K. De la misma manera, en este ensayo tampoco se encontraron diferencias significativas en el r, pero, si en el db y en el nh y el mayor r se obtuvo con el bagazo de caña que fue la fuente que presentó mayor cantidad de N y menor de P.

**CUADRO 5.** Efecto de diferentes fertilizantes orgánicos sobre el número de plantas, producción, peso promedio del bulbo y rendimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa*) cv. Texas Grano 438 (116 días después del transplante).

Tratamientos	Nº de plantas	Producción (kg)	Peso promedio (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Estiércol bovino</b>	183,0 a <sup>1</sup>	21 160,0 a	117,02 a	29 260 a
<b>Estiércol caprino</b>	171,0 a	18 620,0 a	110,61 a	27 650 a
<b>Gallinaza</b>	176,0 a	18 520,0 a	106,90 a	26 720 a
<b>Pulpa de café</b>	169,0 a	18 960,0 a	113,53 a	28 380 a
<b>Bagazo de caña</b>	173,6 a	22 300,0 a	128,31 a	30 080 a
<b>Testigo</b>	176,0 a	20 480,0 a	117,96 a	27 490 a

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

No se encontraron diferencias significativas de la fertilización orgánica, con relación a la productividad y el rendimiento, lo cual estuvo influenciado por el contenido inicial de materia orgánica del suelo y por lo corto del ciclo de producción de la cebolla, no hubo tiempo suficiente para que los minerales estuvieran totalmente disponibles, aún cuando las fuentes estaban bien descompuestas.

En tal sentido, Barber *et al.* (1992), en un estudio para evaluar el efecto de los abonos orgánicos (estiércol bovino, caprino, gallinaza y compost) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo sembrado con maíz, señalaron que los estiércoles se mineralizan en 70% a partir del primer año de aplicación y con efecto residual en el suelo hasta por 2 años y el resto se transforma en humus, que se incorpora al suelo y produce un efecto benéfico en la estructura del suelo durante el primer año.

Por el contrario en hortalizas de hojas, específicamente cilantro, Oliveira *et al.* (2002) evaluando diferentes dosis de estiércol bovino con y sin fertilización mineral señalan que cuando se aplicó el fertilizante mineral conjuntamente con el orgánico fue mayor el rendimiento en masa verde que cuando no se aplicó la fertilización mineral.

En este trabajo, el estiércol bovino, después del bagazo de caña fue el que registró mayor rendimiento, lo cual pudiera ser atribuidos al hecho de que cantidades adecuadas de estiércol de buena calidad son capaces de suplir las necesidades de las plantas de macronutrientes, debido a los elevados tenores de N, P y K disponibles tal como lo señala Machado *et al.* (1983).

La cebolla crece bien en suelos francos con pH entre 6 y 7,5 siendo muy exigente en fósforo (Benacchio, 1982). Se señala que el fosfato es crítico durante la etapa inicial de crecimiento y después de la emergencia de las primeras hojas verdaderas, como promotor de un adecuado desarrollo radical (Chandler, 1994). Como se dijo, en este estudio los niveles de P en el suelo eran bajos, pero las fuentes evaluadas contenían niveles altos para lo requerido por el cultivo, según lo presentado por Jones *et al.* (1991).

Con relación al bagazo de caña, Uribe *et al.* (2004) aplicando compost a base de caña y pulpa de café así como también un biofertilizante en el cultivo de cebolla y zanahoria en Pueblo Rico, Colombia, para determinar el efecto sobre la población microbiana edáfica y su relación con el desarrollo del cultivo, al analizar la producción señalaron que la aplicación de compost de caña y café así como el biofertilizante al suelo, produjo un aumento estadísticamente significativo de la productividad de ambos cultivos y variaciones significativas en la abundancia y diversidad de los microorganismos, así como en la variación de las poblaciones de los grupos funcionales evaluados, especialmente en el grupo de los actinomicetos.

Resultados similares mostraron Arjona *et al.* (2004) quienes evaluaron el efecto de aplicaciones de urea, melaza y aminoácidos al follaje y al suelo en dosis convencionales y en todas sus posibles combinaciones, sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de la cebolla de bulbo en la Sabana de Bogotá, señalaron que ningún producto o combinación de productos presentó un mejor comportamiento agronómico que el testigo absoluto para las variables evaluadas.

No obstante, señalaron que el uso de melaza, en dosis convencionales, puede incrementar los rendimientos, aunque no fue demostrado en su estudio, sugieren que podría ser objeto de estudios posteriores ya que aunque no hubo respuesta de ninguno de estos productos con respecto al testigo, pero si se observaron efectos individuales de los productos, en las distintas combinaciones.

Con relación al estiércol bovino, se han señalado resultados similares así, Goncalves *et al.* (2004), evaluaron entre otras sustancias naturales, un biofertilizante anaeróbico (compuesto por 20 kg de estiércol bovino en 40 l de agua el cual se fermentó por 5 días adicionando luego otras fuentes de nutrientes minerales) y otro aeróbico (igual al anterior, pero fermentándolo con 1,5 kg de azúcar) para el control de trips en cebolla y además determinaron productividad y peso fresco del bulbo, indicando que no hubo diferencias con relación al control en estas variables.

Otras investigaciones señalan resultados similares en otras hortalizas, por ejemplo se ha observado que la aplicación de estiércol bovino, con una dosis mínima de fertilización mineral incrementó la ap de cilantro y el número de ramas fue mayor en ausencia de fertilización mineral en el orden de 3 ramas por cada kg de estiércol aplicado al suelo (Oliveira *et al.*, 2002).

De la misma manera, Kristaponyte (2005) en un estudio para establecer la productividad de la rotación de cultivos, el balance de nutrimentos y la variación agroquímica de las propiedades de un suelo estableció 5 tipos de rotación de cultivo e investigó los sistemas de fertilización mineral, orgánica y mineral-orgánica. Encontrando que la aplicación de 80 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de corral resultó, comparado con el sistema de fertilización mineral, en un incremento en el contenido de humus en la capa arable.

En el sistema de fertilización orgánica-mineral la aplicación de 40, 60 y 80 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de corral y NPK mineral en la misma cantidad resultó en un incremento en el contenido de humus de 0,18; 0,24 y 0,21%, el contenido de fósforo en 41,0; 61,0 y 41,0 mg kg<sup>-1</sup> y el contenido de potasio en 36,0; 46,0 y 54,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, comparado con la fertilización mineral.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de estiércol caprino, mostró tener influencia sobre las variables de crecimiento, aún cuando no se encontró diferencias significativas en algunos de los casos. El eb y el bc promovieron los componentes del rendimiento, lo cual pudiera estar ligado al hecho de que cantidades adecuadas de estiércol de buena calidad, son capaces de suplir las necesidades de las plantas de macronutrientes, debido a los elevados tenores de N, P y K disponibles.
- Aún cuando no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se observa que con el eb, se registró el mayor número de plantas a cosecha, y el menor promedio con el tratamiento pc. Con relación al pb, el bc, mostró tener influencia sobre esta variable; el testigo, eb, pc y la g mostraron tener muy poco efecto sobre este componente del rendimiento. Cuando se midieron los efectos individuales, el tratamiento orgánico superó de manera significativa al efecto mineral, en las variables ap, nh y db.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arjona D., H., J. E. Herrera B., J. A. Gómez G. y J. Ospina A. 2004. Evaluación de la aplicación de urea, melaza y aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. Grupo *cepa*) híbrido yellow granex, en condiciones de la Sabana de Bogotá Agronomía Colombiana. 22 (2): 177-184.
- Barber, K. L., L. D. Maddux, D. E. Kissel, G. M. Pierzynski and B. R. Bock. 1992. Corn responses to ammonium and nitrate-nitrogen fertilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1 166-1 171.
- Benacchio, S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas de 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano (Compendio). FONAIAP. Maracay, Venezuela.
- Bettiol, W., R. Ghini, J. A. Haddad and R. C. Siloto. 2004. Organic and conventional tomato cropping systems. Sci. agric. 61(3):253-259.
- Caseiro, R. F. and M. Filho. 2005. Evaluation of methods for drying primed onion seeds. Hortic. Bras. 23(4):887-892. Disponible en <http://www.scielo.br/scielo>. [citado 13 Julio 2006]
- Chandler, F. 1994. Growing and handling dry bulb onion in the Caribbean. Technical Bulletin N° 25. CARDI. Caribbean Agricultural Research and development Institute. University Campus, St Augustine, Trinidad.
- Currah, L. and F. Proctor 1994. Allium in the tropics: an overview of current technology and future needs. Acta Horticulturae. 358:17-21.
- Ewel, J., A. Madriz y J. TOSI. 1976. Zonas de vida de Venezuela. MAC – FONAIAP, Caracas.
- FAO. Roma. 1993. Anuário – Produção. FAO. 47.
- FEDEAGRO. 2005. Disponible en: <http://www.fedeagro.org> (Citado 07 marzo de 2005).
- Figuroa V., R., M. Hernández A., E. Salazar, S. Berumen y C. Vazquez. 2001. Producción de cebolla (*Allium cepa* L.) con fertirrigación N-P-K con riego por goteo en la Comarca Lagunera. **In:** XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 1. Ingeniería de Riego. Artículo ANEI-S10123. 150-154.
- Goncalves, P. A. S., Werner, Hernandes and João Debarba, F. 2004. Evaluation of biofertilizers, plant extracts, and some alternative substances to manage onion thrips in organic agriculture system. Hortic. Bras. 22(3):659-662. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo>. [Citado 13 Julio 2006].
- Jones, B., B. Wolf and H. Mills. 1991. Plant analysis handbook, Micro-Macro Publishing, Inc. EEUU.
- Kimoto, T. 1993. Nutrição e Adubação de repolho, couve-flor e brocoli. **In:** Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal, Anais. UNESP. 149-178 p.
- Kristaponyte, I. 2005. Effect of fertilization system on the balance of plant nutrients and soil agrochemical proprieties. Agronomy Research. 3(1):45-54.
- Machado, M. O., A. S. Gomes, E. A. Turatti e P. Silveira. 1983. Efeito da adubação orgânica e mineral na produção do arroz irrigado e nas propriedades químicas e físicas do solo de Pelotas. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 18(6):583-591.
- Oliveira, A. P., Silva, V. R., C. S. Santos, J. S. Araujo e J. T. Nascimento. 2002. Produção de coentro cultivado com esterco bovino e adubação mineral. Hortic. Bras. 20(3):477-479. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo>. [Citado 10 agosto 2006].
- Pathack, C. S. 1994. Allium improvement for the tropics: Problems and AVRDC strategy. Acta Horticulturae. 358:23-28.
- Reghin, M. Y., R. F. Otto, J. R. Olinik, C. Jacoby and R. de Oliveira. 2005. Vernalization of bulbs and the effect on yield and physiological potential of onion seeds. Hortic. Bras. 23(2):294-298. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo>. [citado 13 Julio 2006].
- Silva Junior, A. A. 1984. Adubação mineral e orgânica em repolho (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata* L.). I Produção total e comercial. Horticultura Brasileira. 2(1):13-16.
- Uribe K., O., C. A. Córdoba, J. N. Sánchez and D. Castellanos. 2004. Efecto de dos tipos de compost y un biofertilizante sobre algunas poblaciones microbianas edáficas y su posible relación. Con el desarrollo de un cultivo de zanahoria y cebolla en el municipio de Pueblo Rico (Risaralda, Colombia). Acta Biológica Colombiana 9(2):71-72.
- Velazco, J., R. Ferrera - Cerrato y J. Almaraz- Suarez. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra. 19:241-248.

Vidigal, S. M., A. N. Sedyama M., N. C. Garcia e A. T. Matos. 1997. Produção de alface cultivada com diferentes compostos orgânicos e dejetos suínos. Horticultura Brasileira. 15(1):35-39.

Viloria, A., L. Arteaga, L. Díaz y D. Delgado. 2003. Efecto de fertilización con N-P-K y la distancia de siembra sobre el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.). Bioagro 15(2):129-133.

## CLASIFICACIÓN DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE AJONJOLÍ DE VENEZUELA BASADA EN ESCALAS CUALITATIVAS

### CLASSIFICATION OF THE BANK OF GERMOPLASMA OF SESAME OF VENEZUELA BASED ON QUALITATIVE SCALES

Elena Mazzani C.\*, Carlos Marín R.\*\* y José R. Romero\*\*

\*Investigadora y \*\*Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. Email: emazzani@inia.gob.ve

#### RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo clasificar 838 introducciones de ajonjolí, *Sesamum indicum* L., de la colección de germoplasma de Venezuela sobre la base de 17 variables de naturaleza cualitativa utilizando técnicas de análisis multivariado. La descripción se realizó a partir de 42 caracteres morfo-agronómicos utilizando los descriptores de sésamo. Las siembras de evaluación fueron efectuadas en Maracay, estado Aragua. Los grupos de individuos fueron determinados por clasificación jerárquica ascendente (CJA), cuya representación gráfica se realizó por diagrama de árbol con escala transformada. La separación de individuos se basó en coeficientes de distancia ultramétrica con valores  $\leq 0,05$ . Las variables tomadas en cuenta para los análisis fueron: número días al 50% de emergencia, floración, y cosecha, nudos a primera flor, número flores y cápsulas/axila, desarrollo de nectarios, posición de las cápsulas, longitud velloso de cápsulas, posición de las hojas, forma y pubescencia del tallo, hábito ramificación, ramas totales, color a madurez, forma y peso de 1 000 semillas. Estas variables, tanto las cualitativas como las cuantitativas, fueron estandarizadas en una escala de 2 ó 3 estados para generar la matriz de datos cualitativos. La CJA de las 17 variables mostró la creación de 20 clases con rango desde 12 hasta 92 entradas. La mayor variabilidad fue encontrada para las variables: pubescencia de tallos y cápsulas, color a madurez, ciclo, ramificación, número de flores y cápsulas/axila y desarrollo de nectarios. Las accesiones de la colección no mostraron una clara diferenciación por caracteres agro-morfológicos. Fueron identificados posibles duplicados de accesiones para las características estudiadas.

**Palabras Clave:** *Sesamum indicum* L.; germoplasma de ajonjolí; caracterización; variabilidad; colección núcleo; análisis cluster.

#### SUMMARY

This study was conducted to classify 838 accessions of the Venezuelan sesame genbank according to 17 qualitative characters using multivariate analysis. Descriptions were performed for 42 agronomic and morphological characters using sesame descriptors. The collection was sown in Maracay, Aragua state, Venezuela. Groups of accessions were determined by hierarchical classification. The graphical representation was made by hierarchical dendrogram in a transformed scale. The hierarchical classification of 17 qualitative traits showed 20 classes. The grouping of accessions was based on ultrametric distance coefficients  $\leq 0,05$ . The traits used for analysis were: number of days when 50% of plants reached emergence, flowering and harvest, number of nodes to first flower, number of flowers per axil, number of capsules per axil, extra-floral nectary development, capsule position in stem, length of capsule hair, leaves, stem shape and stem hairiness, branching habit, number of branches, mature plant color, seed shape and 1000 seed weight. These variables, quantitative as well as qualitative, were standardized in a categorized scale of 2 or 3 stages, to obtain qualitative data for analysis. The hierarchical classification of 17 qualitative variables explains 20 groups, consisting on 12 to 92 accessions. A higher variability was shown for: stem and capsules hairiness, color on mature plants, cycle, branching habit, number of flowers per axil, number of capsules per axil and extra-floral nectary development. Accessions did not show a clear differentiation among them. Duplications of accessions were identified for the traits taken into account.

**Key Words:** *Sesamum indicum* L.; sesame germplasm; characterization; variability; core collection; cluster analysis.

RECIBIDO: noviembre 26, 2004

ACEPTADO: enero 24, 2007

## INTRODUCCIÓN

El ajonjolí, *Sesamum indicum* L., es un cultivo de importancia para la producción de aceite comestible de alta calidad y actualmente apreciado para consumo directo de uso confitero. Esta especie tiene un amplio ámbito de adaptación habiéndose desarrollado, desde tiempos muy antiguos, un número importante de variedades o tipos a nivel mundial.

Diversos estudios de caracterización y evaluación de germoplasma de ajonjolí han indicado una amplia diversidad para un importante número de caracteres tales como: altura de planta, ramificación, patrones de ramificación, forma de las hojas, altura de carga, número de cápsulas por axila, ancho de la cápsula, número de semillas por cápsula, longitud de entrenudos, contenido de aceite, color de la semilla, índices de cosecha, resistencia a plagas y enfermedades, y dehiscencia, entre otros (IPGRI y NBPGR, 2004).

Las características que se determinan bajo el concepto de caracterización son generalmente cualitativas, fáciles de medir y teóricamente necesitan ser medidas una sola vez. El manejo e interpretación de datos cuantitativos representan mayores problemas dado el efecto que las variaciones ambientales entre localidades y tiempo, puedan tener sobre estas.

Por años, han sido desarrolladas y estudiadas diferentes colecciones de germoplasma de ajonjolí a nivel mundial, destacándose por su importancia las colecciones mantenidas en la India, China, Rusia y EEUU. En Venezuela, desde 1940, como apoyo al programa de mejoramiento genético de la especie *Sesamum indicum* L., se ensambló en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) una importante colección de variedades a través de introducción, colecta e intercambio de germoplasma (Mazzani, 1983). Con el tiempo esta colección se ha constituido en una de las más importantes a nivel mundial (Mazzani, 1999; Ashri, 1994).

Estimados recientes indican que existen cerca de 35 000 accesiones de sésamo en bancos de germoplasma a nivel mundial (IPGRI, 1999) y se estima que por lo menos el 50% de las mismas sean duplicados (Hodgkin *et al.*, 1999).

En general, las colecciones de germoplasma mantenidas a escala mundial se han tornado de gran magnitud, y ha habido la necesidad de desarrollar técnicas y/o procedimientos para reducir su tamaño y hacer más manejable y accesible al uso el germoplasma.

En este sentido, Frankel y Brown (1984), con la intención de minimizar los costos de mantenimiento asegurando la máxima diversidad genética de las colecciones, introdujeron el término colección núcleo definiéndola como un limitado grupo de accesiones derivadas de una colección existente, escogidas para representar el espectro genético de una colección completa. Experiencias han demostrado que la creación de colecciones nucleares aumenta el uso y el interés en datos ya existentes, y focaliza ciertos datos para el manejo de bancos de germoplasma por parte del curador (Hodgkin *et al.*, 1999; Xiurong *et al.*, 2000).

Los métodos de análisis multivariados son usados para la definición de grupos de accesiones con el objeto de seleccionar colecciones nucleares. Con el uso de técnicas multivariadas, aquellas accesiones con valores similares para cada atributo estarán más cercanas y tendrán patrones similares sobre los mismos. En este sentido, las técnicas de análisis multivariado permiten la interpretación y descripción de tablas complicadas de datos de dos vías (accesión x atributo) cuando más de una variable es medida en cada individuo y las mismas pueden revelar patrones de asociación entre grupos de fenotipos. Los análisis de clasificación son apropiados para discriminar accesiones de acuerdo a su origen, y son eficientes para agrupar objetos con similares características (Crossa *et al.*, 1995; Jackson *et al.*, 1999).

Estudios de variabilidad utilizando datos de caracterización, evaluación y subgrupos geográficos y taxonómicos han sido realizados en diversos bancos de germoplasma aplicando métodos multivariados, para su estratificación, desarrollo de colecciones nucleares y análisis de su diversidad genética. Tal es el caso de la colección brasileña de yuca (Cordeiro *et al.*, 1995), la colección mundial de sorgo (Prasada y Ramanatha, 1995) y las colecciones de maíz del CIMMYT (Crossa *et al.*, 1995) y de Venezuela (Alfaro y Segovia, 2000).

En *S. indicum*, métodos multivariados, incluyendo análisis factorial, cluster, discriminante y componentes principales, establecieron patrones de similitud y fueron usados para generar 8 grupos entre taxa, representados por 353 accesiones de la colección del laboratorio de Evolución de Cultivos de Urbana, Illinois (Bedigian y Harlam, 1986).

La importancia de desarrollar colecciones nucleares de sésamo fue reconocida en 1993, particularmente para grandes colecciones como la de China e India, donde información de pasaporte y datos agro-morfológicos fue usada para desarrollar estrategias de agrupamiento, seleccionar dentro de grupos e identificar colecciones nucleares (Ashri, 1994).

La colección nuclear de la China consta de 453 accesiones y fue establecida sobre la base del total de 4251 accesiones. La agrupación fue basada en su origen, tipos varietales y adaptación agro-ecológica (Xiurong *et al.*, 2000). De este núcleo de colección fueron derivados a su vez 8 sub-núcleos sobre la base de 22 caracteres morfológicos, encontrándose una considerable diversidad con el uso de análisis multivariado y de componentes principales (Quenum, 2004).

En la India, la colección núcleo de 343 accesiones, representativas de 3 129 materiales, ha sido evaluada en diferentes localidades (Hodgkin *et al.*, 1999). Bisht *et al.* (1998) en una muestra de 100 accesiones de la colección logró la clasificación de 7 grupos agromorfológicos, sobre la base de 17 descriptores evaluados empleando escalas de naturaleza cualitativa.

El presente trabajo tuvo como objetivo clasificar de manera preliminar la colección de germoplasma de ajonjolí de Venezuela sobre la base de caracteres cualitativos utilizando métodos de análisis multivariado para identificar grupos de cultivares afines, detectar posibles duplicados y conocer la variabilidad existente en la colección para hacer el germoplasma más accesible a los usuarios y mejorar el manejo de la colección para su conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La colección venezolana de germoplasma consta de 1 115 accesiones procedentes de Venezuela y de 26 países de 4 continentes y está constituida por líneas avanzadas de mejoramiento, cultivares obsoletos, selecciones promisorias y tipos criollos.

La colección de germoplasma de ajonjolí ha sido caracterizada y evaluada parcialmente utilizando los "Descriptores de Sésamo" (IBPGR, 1981; Bar-Tel y Goldber, 1985) sobre la base de 42 caracteres morfológicos, agronómicos y evaluaciones de plagas y enfermedades, y de calidad de semilla. La colección fue sembrada en Maracay, estado Aragua, Venezuela en el Campo Experimental del CENIAP, a razón de una parcela de 4 m<sup>2</sup> de cada material (hileras de 5 m separadas a 0,80 m). La colección fue dividida en 3 lotes de aproximadamente 370 accesiones cada uno, sembrados bajo condiciones de riego, durante los años 1998 al 2000; respectivamente. La zona de siembra corresponde a bosque seco tropical, y está ubicada a 455 m.s.n.m., 10°17' latitud Norte y 67°37' longitud Oeste, con una precipitación media anual de alrededor de 1 000 mm y temperaturas medias mensuales de 24 - 26 °C, en suelos francos.

De la totalidad de variables descritas en la colección, algunas fueron eliminadas en un principio por generar datos faltantes en un número importante de individuos. De allí que partiendo de un total de 31 variables se realizó el Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (AFCM) con el fin de conocer el aporte de las mismas a la clasificación de los 838 individuos. Las variables analizadas son presentadas en el Cuadro 1.

En la realización del AFCM fueron probados los siguientes supuestos: 1.  $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_n$  y 2.  $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 > 35\%$  de la variación total, siendo  $\lambda_n$  la variación del factor (Cuadras, 1991). De esa manera fueron seleccionadas las variables NDE, NDF, NDC, NN1F, NFA, DNE, PCAP, LVEL, NCA, PHOJ, FTAL, PTAL, HRAM, NRT, CMAD, FSEM y P1000S (ver leyenda Cuadro1). Estas variables fueron las que más contribuyeron a la construcción de los primeros tres factores y a la calidad de representación en los ejes seleccionados. Los primeros tres factores explicaron el 37,25% de la variabilidad total (Cuadro 2).

Las variables que menos aportaron a la variación total fueron las características de plántulas y flor, las mismas no fueron tomadas en cuenta para la clasificación.

Los grupos de individuos fueron determinados por clasificación jerárquica ascendente (CJA), usando el criterio de la distancia de *ji* al cuadrado entre individuos, los cuales fueron agrupados utilizando el método del momento de segundo orden (M<sup>2</sup>). La representación gráfica se realizó utilizando el diagrama de árbol con escala transformada en logaritmo de base 10 (log). El criterio empleado para separar los individuos afines se basó en los coeficientes de distancia ultramétrica (DU) con valores  $\leq 0,05$ . Para todos los análisis fue utilizado el programa estadístico CSTAT v. 1,0 MSDOS (1986) del CIRAD-Francia.

A fin de analizar los 838 individuos, fue elaborada una matriz cualitativa de datos. Para ello se empleó una escala general categórica, tanto para las variables cuantitativas como para las cualitativas. Ello implicó que las escalas de evaluación fueran estandarizadas en 2 ó 3 estados o categorías. Las variables cuantitativas fueron transformadas en categorías sobre la base de la media de los 838 individuos, sumándole o restándole su desviación estándar. Esto generó 3 estados: 1) individuos con valores inferiores a la media menos una desviación estándar, 2) individuos con valores estadísticamente iguales a la media y 3) individuos con valores por encima de la media más una desviación estándar (Cuadro 3).

**CUADRO 1.** Variables analizadas para la clasificación de 838 entradas de la colección de ajonjolí del CENIAP-INIA. Años 1998-2000.

Evaluación Agronómica	Caracteres de Plántula <sup>4</sup>	Caracteres de Flor	Caracteres de Fruto	Caracteres de Hoja	Caracteres de Planta	Caracteres de Semilla
Días al 50% emergencia (NDE) <sup>1</sup>	Color de cotiledones (CCOT)	Nudos a primera flor (NN1F) <sup>6</sup>	Forma de la cápsula (FCAP)	Color de la hoja (CHOJ)	Forma del tallo (FTAL) <sup>11</sup>	Forma de la semilla (FSEM)
Días al 50% de floración (NDF) <sup>2</sup>	Forma de cotiledones (FCOT)	Color del labio inferior (CLI)	Posición de las cápsulas (PCAP) <sup>7</sup>	Posición de las hojas (PHOJ)	Pubescencia del tallo (PTAL) <sup>12</sup>	Textura de la semilla (TSEM)
Días a cosecha (NDC) <sup>3</sup>	Inserción de los cotiledones (ICOT)	Color de la silla (CSIL)	Longitud vellosidad cápsulas (LVEL) <sup>8</sup>	Pubescencia de la hoja (PUHO) <sup>10</sup>	Hábito de ramificación (HRAM) <sup>13</sup>	Peso 1000 semillas (P1000S) <sup>16</sup>
	Longitud de los cotiledones (LCOT) <sup>5</sup>	Número de flores/axila foliar (NFA)	Número de cápsulas/axila (NCA)		Número de ramas totales (NRT)	
	Longitud del hipocotilo (LHIP) <sup>5</sup>	Desarrollo del nectarío extrafloral (DNE)	Longitud de la cápsula (LCAP) <sup>9</sup>		Rigidez del tallo (RTAL) <sup>14</sup>	
			Número de carpelos (NCAR)		Color a la madurez (CMAD) <sup>15</sup>	

**1:** Número de días desde la siembra hasta el 50% de emergencia; **2:** número de días desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas posean por lo menos una flor abierta; **3:** número de días hasta que el 75% de las plantas alcancen la madurez fisiológica; **4:** medidos 1 semana después de la germinación; **5:** en mm; **6:** en el tallo principal en 10 plantas; **7:** ángulo de separación de las cápsulas con respecto al tallo; **8:** en cápsulas maduras; **9:** promedio de 10 cápsulas, en mm; **10:** en el envés de hojas completamente maduras; **11:** medido a la cosecha en corte transversal del tallo; **12:** medido en el tallo principal de plantas maduras; **13:** medido en plantas maduras; **14:** resistencia del tallo al quiebre o acame en plantas con madurez fisiológica; **15:** ausencia ó presencia de pigmentos en plantas maduras; **16:** peso en g de 1 000 semillas.

**CUADRO 2.** Valores propios y varianza explicada en los primeros 10 factores.

	Autovalor	%	% Acumulado
1	0,53	16,91	16,91
2	0,39	10,45	27,36
3	0,38	9,89	37,25
4	0,35	6,56	43,81
5	0,28	6,08	49,89
6	0,27	5,36	55,25
7	0,27	5,13	60,38
8	0,27	4,88	65,26
9	0,26	3,87	69,13
10	0,25	3,69	72,82

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las accesiones analizadas equivalen al 74,62% de la colección. Estas 838 accesiones se refieren a aquellas en las cuales no había datos faltantes para la mayoría de las variables descritas. Es complejo y difícil incluir en la clasificación el total de las colecciones y eso significa que la escogencia de las accesiones para el análisis de clusters afecta la definición de los grupos.

De acuerdo a su descripción, las accesiones no analizadas en este trabajo podrán ser incluidas en las clases que correspondan ó en otros grupos de variabilidad que puedan formarse. La eliminación de entradas con datos incompletos posiblemente reduzca de manera significativa la diversidad existente (Galwey, 1995). Un conjunto de variables fueron eliminadas por generar datos faltantes en un número importante de individuos.

Sobre la base de las frecuencias para cada variable estudiada, se determinó que el ciclo de cosecha varió entre los 80 y 125 días después de la siembra con la mayor proporción (57,52%) de ciclo intermedio. La colección está constituida por un 75% de accesiones con una flor y una cápsula por axila. El 91,17% de los materiales estudiados presentan color amarillo o verde a la madurez (52,39 y 38,78%, respectivamente) y sólo el 8,83% de los materiales de color rojo ó morado. En la colección predominan los materiales ramificados y el 16,47% de una sola guía. El peso de 1000 semilla varió desde 1,19 hasta 4,7 g con cerca del 90% de peso intermedio (entre 2,4 a 3,6 g) como se observa en el Cuadro 3.

Como resultado de la clasificación de las 838 accesiones sobre la base de las 17 variables cualitativas estudiadas se obtuvo el dendrograma de clasificación presentado en la Figura.

La CJA arrojó, al 20,6 % de la DU, una separación inicial de 2 grandes grupos (grupo I con 496 y grupo II con 342 individuos, respectivamente), principalmente por la forma del tallo, el número de días al 50% de emergencia y número de días al 50% de floración. El grupo I está constituido por accesiones de tallo redondeado y tempranas en cuanto a NDE y NDF, dividido a su vez en dos subgrupos generados por número de cápsulas y flores por axila y desarrollo de nectarios. El grupo II está compuesto por accesiones con forma del tallo cuadrangular y con mayores valores de NDE y NDF que las accesiones del grupo I, observándose dos subgrupos separados por color a la madurez y días a cosecha.

Al 2,07% de DU se observa la creación de 20 clases o grupos de accesiones, las cuales incluyen desde 14 (clase 20) hasta 92 individuos (clase 3). Estas 20 clases, y a una distancia de 11,6% de DU, son agrupadas en 5 subgrupos que abarcan desde 3 hasta 6 clases.

Los 5 subgrupos (A, B, C, D y E) y las 20 clases generadas en la clasificación de la colección de ajonjolí son descritos a continuación:

**Subgrupo A.** Clases 1, 5, 7 y 19: compuestas por individuos de más de una cápsula y una flor por axila y nectarios rudimentarios. Estas 4 clases constituyen el subgrupo separado de los demás a la menor DU (10).

**Clase 1:** incluye 48 individuos cuya separación se originó por la coloración verde al madurar, en su mayoría no ramificados y procedentes gran parte de ellos de EEUU, Venezuela y México.

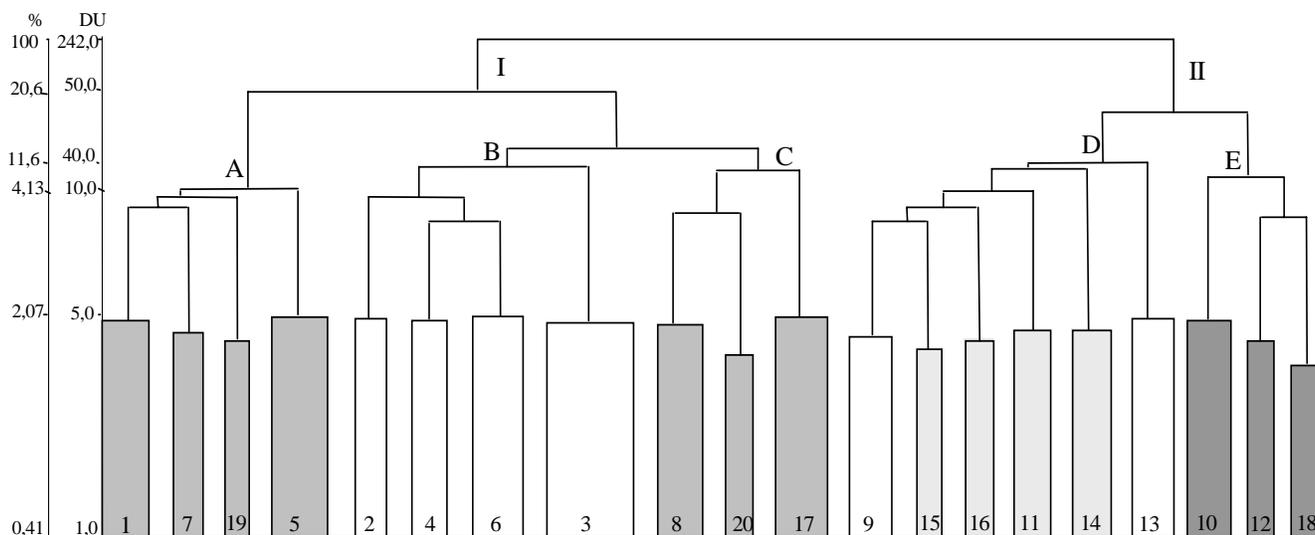
**Clase 5:** consta de 53 accesiones amarillas al madurar, en su mayoría ramificadas y procedentes de EEUU y Venezuela.

**Clase 7:** formada por 19 accesiones de diversas procedencias principalmente de EE.UU., heterogéneas entre si por las características estudiadas y se distancian de las demás clases del subgrupo por tener la posición de las hojas diferente (hojas opuestas) y ausencia de ramas.

**Clase 19:** constituida por 24 accesiones de 9 países, principalmente de Sudan, Japón y China; caracterizadas por la forma alargada de su semilla, la separación de las cápsulas del tallo y el ciclo más tardío que las 3 clases anteriores. **Subgrupo B. Clases 2, 4, 6 y 3:** incluyen materiales, mayormente procedentes de EE.UU., Venezuela y África, de una cápsula y una flor por axila, nectarios desarrollados y de ciclo intermedio. Estas clases son separadas entre si por su hábito de ramificación y color al madurar.

**CUADRO 3.** Descripción de las modalidades de las escalas cualitativas de las variables utilizadas para la clasificación de 838 entradas de la colección de ajonjolí del CENIAP-INIA.

VARIABLES	N° CATEGORÍAS	N° INDIVIDUOS	FRECUENCIAS	DEFINICIÓN
NDE	3	467	55,73	$4 \leq NDE \leq 8,7$
		370	44,15	$8,7 \leq NDE \leq 13,4$
		1	0,12	$NDE > 13,4$
NDF	3	451	53,82	$33 \leq NDF \leq 46,7$
		352	42,00	$46,7 \leq NDF \leq 60,4$
		35	4,18	$60,4 < NDF \leq 74$
NDC	3	29	3,46	$84 \leq NDC$
		482	57,52	$84 < NDC \leq 105$
		327	39,02	$NDC > 105$
NN1F	3	120	14,32	$1 \leq NN1F \leq 3,7$
		668	79,71	$3,7 \leq NN1F \leq 6,4$
		50	5,97	$6,4 > NN1F \leq 9$
NFA	2	644	76,85	1 = 1
		194	23,15	2 $\geq$ 2
DNE	2	291	34,73	Incipientes
		547	65,27	Desarrollados
PCAP	3	94	11,22	Paralelas al tallo
		529	63,13	$< 90^\circ$ del tallo
		215	25,66	$\geq 90^\circ$ del tallo
LVEL	3	101	12,05	Muy cortos
		564	67,30	Intermedios
		173	20,64	Largos
NCAP	2	633	75,54	1 = 1
		205	24,46	2 $\geq$ 2
PHOJ	3	41	4,89	Opuestas
		125	14,92	Alternas
		672	80,19	Mixtas
FTAL	2	356	42,48	Cuadrangular
		482	57,52	Redondeado
PTAL	3	138	16,47	Glabras
		362	43,20	Intermedia
		338	40,33	Muy pubescentes
HRAM	3	221	26,37	Sin ramas
		600	71,60	Basal
		17	2,03	Apical
NRAM	3	83	9,90	= 0
		718	85,68	$0 < NRAM \leq 4$
		37	4,42	$4 < NRAM \leq 10$
CMAD	3	439	52,39	Amarillo
		325	38,78	Verde
		74	8,83	Púrpura
FSEM	2	743	88,66	Alargada
		95	11,34	Redondeada
PMS	3	52	6,20	$1,19 < PMS \leq 2,4$
		751	89,62	$2,4 < PMS \leq 3,6$
		35	4,18	$3,6 < PMS \leq 4,7$



**FIGURA.** Dendrograma de clasificación de 838 entradas de la colección de ajonjolí del CENIAP por 17 caracteres cualitativos, mostrando los 5 grupos con las 20 clases generadas al 2% de distancia ultramétrica por los procedimientos descritos.

Clase 2: comprende 38 individuos procedentes de EE.UU., Venezuela, Rusia, Sudán, entre otros. Caracterizados por una coloración verde a la madurez, y una mayor proporción de accesiones con tallos glabros que las demás clases del subgrupo.

Clase 3: contiene el mayor número de accesiones (92), amarillas al madurar, con tallos más pubescentes e introducidas principalmente de EE.UU., Senegal y Sudán.

Clase 4: agrupa 28 individuos, en su mayoría procedentes de EE.UU., verdes al madurar, con una menor proporción de materiales ramificados y de más de una cápsula por axila, que las demás clases del subgrupo.

Clase 6: conformada por 63 individuos verdes a la madurez, tallos muy pubescentes, con una alta proporción de individuos ramificados, introducidos en su mayoría de EEUU. **Subgrupo C. Clases 8, 17 y 20:** reúnen materiales de una cápsula por axila y de ciclo largo (tardíos).

Clase 8: agrupa 55 materiales de floración temprana y semilla de forma alargada, con más del 50% de los materiales que la constituyen son procedentes de Rusia.

Clase 17: constituida por 42 accesiones caracterizadas por presentar la forma de su semilla globosa, tallos más pubescentes y un número significativo de accesiones amarillas al madurar y en su mayoría procedentes de Colombia, México y otros países latinoamericanos.

Clase 20: agrupa 14 accesiones de países africanos, con una menor pubescencia de tallos y de longitud de la vellosidad intermedia. **Subgrupo D. Clases 9, 11, 13, 14, 15, y 16:** incluyen básicamente accesiones de color amarillo a la madurez, tallos y cápsulas glabras a poco pubescentes.

Clase 9: constituida por 51 materiales muy uniformes en cuanto a las características estudiadas, con tallos de pubescencia intermedia, ciclo intermedio a tardíos, procedentes en su mayoría de EEUU, África, La India, China y México.

Clase 11: está formada por 43 entradas con tallos muy pubescentes y de ciclo intermedio, introducidas en su mayoría de EE.UU., África y China.

Clase 13: discrimina 42 materiales, principalmente procedentes de China, de 3 cápsulas y 3 flores por axila y cápsulas separadas del tallo.

Clase 14: distancia a 48 materiales en su mayoría procedentes de África, China y EE.UU., poco variables sobre la base de los caracteres estudiados, con alta proporción de accesiones duplicadas. Esta clase se separa por presentar tallos glabros.

Clase 15: formada por 32 materiales africanos de tallos glabros y de ciclo temprano.

Clase 16: constituida por 31 materiales también africanos caracterizados por presentar un ciclo más

tardío que las demás clases del subgrupo. **Subgrupo E. Clases 10, 12 y 18:** conformadas por cultivares de tipo africanos, presentan ciclo largo y color de antocianinas (rojos o morados) al madurar, diferenciándose entre ellas por la pubescencia y longitud de la vellosidad de las cápsulas.

Clase 10: consta de 69 accesiones muy uniformes sobre la base de las variables estudiadas, y caracterizada por una mayor proporción de materiales verdes a la madurez y cápsulas separadas del tallo; procedentes principalmente de África y EE.UU.

Clase 12: agrupa 26 materiales de tallos glabros, cápsulas paralelas al tallo y de color rojo púrpura a la madurez, con un 90% de accesiones africanas.

Clase 18: formada por 20 accesiones procedentes de África, con cápsulas separadas del tallo y color de antocianinas al madurar.

Los dendrogramas generados por Bedigian y Harlam (1986) separaron inicialmente las accesiones por el número de carpelos de las cápsulas, plantas tetracarpeladas y bicarpeladas, discriminadas luego por pigmentación a la madurez.

En este trabajo, el número de carpelos por cápsula no fue tomado en cuenta para la clasificación por no poseer suficiente peso en la variación total. La pigmentación a la madurez fue importante para la separación de las clases. Clasificaciones basadas en diferentes tipos de datos se espera que difieran entre sí (Hintum, 1999).

Las clasificaciones de las colecciones de la China y la India, basadas en 14 y 19 caracteres, respectivamente no pudieron ser comparadas, por diferir en los caracteres evaluados y en las escalas de medición. Esto condujo a la necesidad de elaborar caracteres claves y escalas estándares comunes, para comparar las colecciones en un futuro (Hodgkin *et al.*, 1999).

De acuerdo a las clases generadas en el dendrograma de clasificación no hay una clara diferenciación entre las accesiones de la colección, ni sobre la base de los caracteres morfo-agronómicos analizados, ni de su procedencia, indicando una aparente variación continua tanto dentro como entre cultivares que conforman la colección.

Este solapamiento con respecto a caracteres agromorfológicos en ajonjolí fueron señalados también por Bedigian y Harlan (1986) en estudios de diversidad realizados en la colección de EE.UU., y por Hodgkin *et al.* (1999) tanto para las colecciones de la China y la India. De todos modos, el método de análisis utilizado mostró

tendencia a agrupar accesiones de acuerdo a país de procedencia, lo que posiblemente indique la utilización de una estrecha base genética en programas de mejoramiento. Sin embargo, las accesiones procedentes de Venezuela fueron ubicadas en 9 clases diferentes (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 17 y 19) indicando la existencia de variación para los caracteres estudiados. Autores señalan que el origen puede discriminar la variación existente en las colecciones de germoplasma (Crossa *et al.*, 1995).

Muchas de las accesiones agrupadas de acuerdo a su origen son líneas de mejoramiento de la misma fuente o selecciones de tipos realizadas sobre materiales con una procedencia original. Por otra parte, como algunas introducciones han sido obtenidas de varios orígenes se aumenta la probabilidad de encontrar duplicados.

Fueron identificados, a una mínima DU, posibles duplicados de accesiones en 9 de las 20 clases generadas (3, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16). La clase con un mayor número de accesiones duplicadas fue la 11, de las 43 entradas que conforman la misma se encuentran 13 materiales idénticos para los caracteres que describen la clase. La clase 9 contiene 8 subgrupos de duplicados, uno con 11 y uno con 12 entradas idénticas. La clase 3, la más numerosa, presenta a una mínima DU, un subgrupo de 10 accesiones exactas para las variables que la caracterizan y otros subgrupos con hasta 7 duplicados.

Entre las clases generadas destaca la 17 discriminada de las demás clases por poseer grano globoso, carácter importante para grano de consumo directo por ser de más fácil descascarado; la clase 12 constituida por accesiones de cápsulas paralelas al tallo, como la clase 19 que presenta además semilla alargada y la clase 7 caracterizada por la posición de las hojas opuestas.

El establecimiento de los 20 núcleos de colección identificados de manera preliminar en este trabajo requiere de otros estudios para el establecimiento de la colección nuclear definitiva incluyendo evaluaciones avanzadas de caracteres bióticos y abióticos, y marcadores moleculares que pudieran contribuir a discriminar más detalladamente las accesiones e identificar los duplicados y redundancia genética existentes en la colección. Una colección de germoplasma puede estar constituida por diferentes núcleos de colección, con propósitos específicos y usados como representativos de la colección como un todo.

En el futuro serán aplicadas diferentes estrategias de muestreo ajustándolas a diferentes necesidades, bien para el manejo de la colección, como para el uso del germoplasma por parte de los mejoradores y otros interesados.

## CONCLUSIONES

- Los materiales de la colección nacional de ajonjolí analizados presentan variabilidad sobre la base de algunas de las 17 características cualitativas estudiadas. En este sentido, la mayor variabilidad fue encontrada para los caracteres número de flores y cápsulas por axila, desarrollo de nectarios extraflorales, hábito de ramificación, ciclo, pubescencia de tallos y cápsulas y color a madurez. Las características que contribuyeron en menor grado a la formación de clases fueron el número de nudos a primera flor, posición de las hojas, la forma y el peso de semillas.
- Fueron identificados, de manera preliminar, 20 núcleos en la colección nacional de ajonjolí entre las 838 introducciones evaluadas; es decir fueron identificados los 20 grupos de variabilidad más importantes sobre la base de 17 caracteres morfológicos y agronómicos estudiados.
- La colección de ajonjolí del CENIAP posee variación de los caracteres estudiados y las poblaciones o entradas que la componen tienden a ser diversas entre sí, a pesar de existir solapamiento en cuanto a caracteres morfo-agronómicos en los grupos generados.
- El grado de diferenciación existente entre las accesiones estudiadas tiende a asociarse con su país de procedencia, indicando una estrecha base genética en los materiales utilizados en mejoramiento genético.
- Los análisis realizados revelan el valor que esos recursos pueden tener para ser usados como fuente de germoplasma para trabajos de mejoramiento genético y otros en esta especie.
- Fueron identificados posibles duplicados de accesiones para las características estudiadas. Estos materiales, deberán ser estudiados con más detalle tomando en cuenta caracteres diferentes e importantes para su clasificación.

## BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, Y. y V. Segovia. 2000. Maíces del Sur de Venezuela clasificados por taxonomía numérica. II. Caracteres de planta y mazorca. *Agronomía Trop.* 50(3):435-460.

Ashri, A. 1994. Genetic resources of sesame: Present and future perspective. **In:** *Sesame biodiversity in Asia: conservation, evaluation and use.* R. K. Arora y K. W. Riley (Eds), IPGRI office for South Asia, New Delhi. p. 25-39.

Bar-Tel, B. and Z. Goldber. 1985. Descriptors for Sesame: a modified approach. **In:** A. Ashri (Ed.), *Sesame safflower: Status and potentials.* FAO Plant Production and Protection Paper 66, Rome. pp. 191-205.

Bedigian D. and J. R. Harlam. 1986. Patterns of morphological variation in *Sesamum indicum*. *Economic Botany* 40(3):353-365.

Bisht, I. S., R. K. Mahajan, T. R. Loknathan and R. C. Agrawal. 1998. Diversity in Indian sesame collection and stratification of germplasm accessions in different diversity groups. *Genet. Resour. & Crop Evol.* 45:325-335.

CIRAD. 1986. CSTAT versión 1.0 (MSDOS). Francia.

Cordeiro, C. M. T., E. A. V. Morales, P. Ferreira, D. M. S. Rocha, I. R. S. Costa, A. C. C. Valois and S. Silva. 1995. Towards a brasilian core collection of cassava. **In:** T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Eds.) *Core collection of Plant Genetic Resources.* John Willey and Son.

Crossa, J.; H. I. de Lacy and S. Taba. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. **In:** T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Ed.) *Core collection of Plant Genetic Resources.* John Willey and Son. pp. 77-92.

Cuadras, C. M. 1991. Métodos de análisis multivariante. *Colección Estadística y Análisis de Datos.* Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A. Barcelona. 644 pp.

Frankel, O. H. and A. H. D. Brown. 1984. Plant genetic resources today: A critical appraisal. **In:** *Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation.* J.H.W. Holden and J. T. Williams (Eds.). George Allen and Unwin Ltd., London. pp. 249-257.

Galwey, N. W. 1995. Verifying and validating the representativeness of a core collection. **In:** T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Ed.) *Core collection of Plant Genetic Resources.* John Willey and Son.

Hintum, T. J. L. Van. 1999. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. **In:** T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Eds.) *Core collection of Plant Genetic Resources.* John Willey and Son. p. 23-34.

- Hodgkin, T., G. Qingyuan, Z. Xiurong Z., Yingzhong, F. Xyangun, P. L. Gautam, R. K. Mahajan, I. S. Bisht, T. R. Loknathan, P. N. MathuR and Z. Mingde. 1999. Developing sesame core collections in China and India. **In:** R. C. Johnson and T. Hodgkin (Eds). Core collections for today and tomorrow. International Plant Genetic Resources Institute, Rome., Italy. pp. 74-81.
- International Board For Plant Genetic Resources (IBPGR). 1981. Descriptors for Sesame. Rome, Italy. 19 p.
- IPGRI, 1999. Directory of Germplasm collection. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy. **In:** <http://www.cgiar.org/ipgri/doc/dbintro.htm>.
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) and National Bureau Of Plant Genetic Resources (NBPGR). 2004. Descriptors for Sesame (*Sesamum* spp.). Rome, Italy; New Delhi, India. 35 p.
- Jackson, M. T, J. L. Pham, H. J. Newbury, B. V. Fordloyd and P. S. Virk. 1999. A core collection for rice – needs, opportunities and constraints. **In:** R. C. Johnson and T. Hodgkin (Eds). Core collections for today and tomorrow. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. Italy. pp. 18-27.
- Mazzani, B. 1999. Investigación y tecnología del cultivo del ajonjolí en Venezuela. Caracas: Conicit, FUNDACITE-Aragua.
- Mazzani, B. 1983. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Oleaginosas. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Caracas. 629 p.
- Prasada k. E. and V. Ramanatha rao. 1995. The use of characterisation data in developing core collection of sorghum. **In:** T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Ed.) Core collection of Plant Genetic Resources. John Willey and Son.
- Quenum, F. B. 2004. Phenotypic variation and relationships among sesame (*Sesamum indicum* L.) sub-core collections. Journal of Zhejiang University (Agriculture y Life Sciences). 30(1):10-16.
- Xiurong, Z., Z. Yingzhong, C. Yong, F. Xyangun, F. Xiangyun, G. Qingyuan, Z. Mingde and T. Hodgkin. 2000. Establishment of sesame germplasm core collection in China. Genetic Resources and Crop Evolution 47(3):273-279.

## ANÁLISE DE COR, TRANSPARÊNCIA E INFRAVERMELHO DOS FILMES DE FÉCULA MODIFICADA DE MANDIOCA

### COLOR, TRANSPARENCY AND INFRA-RED ANALYSIS OF MODIFIED CASSAVA STARCH FILMS

### ANÁLISIS DEL COLOR, TRANSPARENCIA E INFRA-ROJO DE LAS PELÍCULAS DEL ALMIDÓN MODIFICADA DE YUCA

Celina M. Henrique\*, Marney P. Cereda\*\* y Nataly Dupuy\*\*\*

\* Dra. autora da tese, pesquisadora da Agência Paulista de Tecnologia em Agronegócio Regional Centro-Sul, Piracicaba, Brasil. celina@aptaregional.sp.gov.br. \*\* Faculdade de Ciências Agrônômicas / Unesp – Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial – Botucatu, São Paulo, Brasil. \*\*\* Pesquisadora da Université des sciences et technologies, LASIR, Bat C5, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, França

#### RESUMO

O objetivo desta pesquisa, foi caracterizar filmes de fécula modificada de mandioca, quanto a cor, transparência e espectro de infra vermelho, na expectativa de permitir a avaliação de seu uso no setor hortifrutícola. Foram elaborados filmes com suspensões gelificadas de féculas naturais modificadas, incluindo carboximetilamido (CMA) de baixa e alta viscosidade, *cross link* (pré gelatinizado modificado) e esterificada, com 3 e 5% de massa seca (MS). As soluções filmogênicas foram secas por 24 hs/40 °C sobre suporte de plexiglass. Logo após a secagem, os filmes foram acondicionados a 20 °C e 64% de umidade relativa, equivalente a atividade de água de 0,645 por 10 dias, para análises posteriores. Os filmes assim obtidos foram comparados pelos métodos de espectrofotometria de cor, transparência e infravermelho com os filmes de policloreto de vinila (PVC) de baixa densidade com espessura de 0,03 mm. Todos os filmes demonstraram luminosidade e transparência semelhante ao filme de PVC.

**Palavras Chave:** Amido modificado; filmes; embalagens; infravermelho; cor; transparência; biodegradável; *Manihot esculenta*.

#### SUMMARY

The objective of this research was to characterize modified cassava starch films in relation to color, transparency and infra-red spectrum in order to assess their use in the horticulture sector. Films were made with gelatinized suspensions of modified Brazilian starches, including high and low viscosity carboxymethylamide (CMA), as cross link (modified pre-gelatinized) and sterified starches, with 3 and 5% dry matter (MS). The filmogenic solutions were dried for 24 hs/40°C on a plexiglass support. Shortly after drying, films were stored at 20 °C and 64% relative humidity, equivalent to 0,645 water activity, for 10 days, for later analysis. Films thus obtained were compared, by the methods of color spectrophotometry, transparency and infrared, with low density polyvinyl chloride films (PVC) 0,03 mm thick. All films showed luminosity and transparency similar to PVC film.

**Key Words:** Modified starch; films; packaging; infra-red; color; transparency; biodegradable; *Manihot esculenta*.

#### RESUMEN

La presente investigación tiene por objeto, caracterizar las películas del almidón modificado de yuca, en relación al color, transparencia y espectro de infra-rojo, en la expectativa de permitir la evaluación de su utilización en el sector hortofrutícola. Fueron elaborados películas con suspensiones gelatinosa de almidón naturales modificadas, incluyendo carboximetilamido (CMA) de baja y alta viscosidad, como *cross link* (pre- gelatinizado modificado) y esterificado, con 3 e 5 % de masa seca (MS). Las soluciones filmogénicas fueron secadas por 24 hs/40 °C sobre un soporte de *plexiglass*. Luego después del secado, los filmes fueron acondicionados a 20 °C y 64% de humedad relativa, equivalente a la actividad del agua de 0,645 por 10 días, para los análisis posteriores. Las películas así obtenidas fueron comparadas por los métodos de espectrofotometría de color, transparencia e infra-rojo con las películas de policloreto de vinilo (PVC) de baja densidad con espesura de 0,03 mm. Todas las películas mostraron luminosidad y transparencia semejante a la película de PVC.

**Palabras Clave:** Almidón modificado; películas; empaque; infra-rojo; color; transparencia; biodegradable; *Manihot esculenta* Crantz.

RECIBIDO: julio 20, 2005

ACEPTADO: enero 17, 2007

## INTRODUÇÃO

A necessidade de se descrever as cores de maneira adequada assumiu grande importância na área de embalagens e pós-colheita de frutos e hortaliças, pois representa um compromisso entre o que o consumidor gostaria de obter e o que o produtor pode oferecer a preços razoáveis (Judd e Wyszecki, 1975).

A faixa de comprimento de onda visível a olho nu compreende 390 a 750 nm, uma pequena parte do espectro eletromagnético inteiro (Francis e Clydesdale, 1975).

As cores contidas dentro da faixa visível do espectro podem ser descritas objetivamente pelo comprimento de onda. Assim o vermelho tem um comprimento de onda ao redor de 680 nm, o amarelo ao redor de 575 nm, o verde ao redor de 520 nm e o violeta ao redor de 450 nm, o conjunto de todas corresponde à luz branca, ou seja, ela é composta por todas as cores do espectro visível (Ferreira, 1991).

A CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) definiu em 1931 três fontes padrão A, B e C, simulando, respectivamente, a luz de tungstênio, lâmpada incandescente (2854°K), a luz do sol (4870°K) e a luz do dia (6770°K), visando medidas das cores sob condições reprodutíveis de iluminação. Em 1976 foi desenvolvida a série de iluminantes D, que incluíam no espectro, pequena porção da luz na faixa do ultravioleta, constando dos iluminantes D<sub>55</sub> (5500°K), D<sub>65</sub> (6500°K) relativos à luz do dia e D<sub>75</sub> (7500°K) (Ferreira, 1991).

Ghorpade *et al.* (1995) mediram cores de filmes através dos padrões CIE C Lab (L = 0 preto, 100 branco), a = -verde, + vermelho, b = -azul, + amarelo).

Croma é parte da cor onde não há participação da luminosidade, representada no espaço bidimensional. O objeto é considerado transparente quando a luz incidente o atravessa com mínimo de absorção e reflexão. O oposto da transparência é a opacidade, onde o objeto absorve ou reflete toda luz nele incidente, sem que ocorra a transmissão de luz. A cor das amostras transparentes é avaliada pela transmissão da luz, fazendo a leitura da luz transmitida (Ferreira, 1991).

A transparência (baixa opacidade) é importante em situações onde o produto embalado deva ser visto. Poucos são os trabalhos que relatam cor e transparência em biofilmes, e os que fazem a determinam por absorbância em espectrofotômetro (Cuq *et al.*, 1996; Gontard *et al.*, 1994). Sobral (1999), determinou cor e opacidade por colorimetria de filmes à base de gelatina e proteínas miofibrilares.

A absorção da radiação infravermelha depende do aumento da energia de vibração ou de rotação associada com uma ligação covalente, desde que esse aumento resulte numa variação do momento dipolar da molécula. Isso significa que quase todas as moléculas contendo ligações covalentes mostrarão algum grau de absorção seletiva no infravermelho. As únicas exceções são os elementos diatômicos como H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, porque nesse caso não há movimento de rotação ou vibração que produza um momento dipolar (Ewing, 1972).

As causas dessas alterações podem se localizar no aparelho espectrofotométrico, devido a variáveis como largura da fenda e velocidade de varredura, ou na amostra por efeitos de solventes e temperatura (Ewing, 1972).

Segundo Dupuy (1997), a faixa espectral que deve ser considerada para analisar amidos é de 4000 - 700 cm<sup>-1</sup>, com ênfase na região denominada "impressão digital", de 2000 - 700 cm<sup>-1</sup>, que possibilita uma investigação da estrutura molecular dos compostos.

O estudo espectroscópico na região do infravermelho de amostras extraídas de fécula natural de mandioca e de batata doce foi considerado por Santha *et al.* (1990) com o objetivo de observar diferenças estruturais entre as féculas de diferentes variedades. Eles compararam os espectros obtidos, mas não conseguiram correlacioná-los com diferenças no poder de inchamento dos grânulos.

VanSoest *et al.* (1995) realizaram estudos de fécula de batata empregando a espectroscopia na região do infravermelho médio. Concluíram que a diferença de cristalinidade granular, ou seja, relacionada à quantidade de material amorfo nos grânulos e, portanto a quantidade de água interagindo com pontes de hidrogênio intramoleculares, pôde ser estimada através das bandas de absorção a 1 047, 1 022 e 994 cm<sup>-1</sup>.

Com a espectroscopia é possível estudar as mudanças do espectro do amido durante a geleificação e retrogradação, o que permite diferenciar espécies e determinar o grau de cristalinidade em filmes de amido (Rindalav *et al.*, 1997).

Inagaki *et al.* (1994) estudaram regiões das bandas do infravermelho médio em filmes de poliamidos e separaram algumas regiões e suas prováveis estruturas: 1 738 a 1 689 cm<sup>-1</sup> seriam vibrações dos grupos carbônicos; 1 750 cm<sup>-1</sup> C=O; 1 650 a 1 615 cm<sup>-1</sup> C=O; 1 558 a 1 512 cm<sup>-1</sup> C=C; 1 375 cm<sup>-1</sup> C-CH<sub>3</sub>; 1 240 cm<sup>-1</sup> C - O e 1 020 a 1 040 cm<sup>-1</sup> COH. Porém, existem situações onde a absorção no infravermelho é alterada mais ou menos fortemente pelas condições onde é

observada, devida essa alteração deve-se ter cautela ao determinar a estrutura de uma substância desconhecida.

Amidos oxidados assim como alguns derivatizados (carboximetil, carboxietil, entre outros) apresentam carboxilas em suas moléculas, mas em concentrações comumente menores que 1% e que raramente atingem 3% (Smith, 1967).

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar filmes de fécula modificada de mandioca, quanto à cor, transparência e espectro de infravermelho, na expectativa de permitir a avaliação de seu uso no setor hortifrutícola.

## MATERIAL E MÉTODOS

Como matéria-prima para a formação dos filmes biodegradáveis foram utilizadas fécula natural (Brasimid) e féculas modificadas comerciais de mandioca: *cross link* - pré gelatinizada (Amidomax 3500 - Cargill), carboximetilamido de baixa e alta viscosidade (Flexamid - Celuflok), esterificada (Lorenz). As suspensões filmogênicas, concentrações de 3 e 5% em água, foram analisadas. Como controle foi utilizado o filme plástico de policloreto de vinila (PVC) de baixa densidade, com espessura de 0,03 mm, utilizado comercialmente para embalar produtos alimentícios e produtos hortícolas minimamente processados.

Para análise de cor foi utilizado espectrofotômetro U.V. visível - Cary 50 Bio - Varian, Programa Color. A leitura foi feita na faixa de 780 nm a 380 nm, intervalo 1 nm, coletando dados nos iluminantes CIE C (luz do sol) e CIE D 65 (luz do dia), com observação de 10 graus. As análises foram feitas em transmitância Hunter Lab. Foram coletados 2 espectros amostra como repetição.

A transparência foi caracterizada no mesmo aparelho, utilizando o programa *Simple Reads*, avaliada indiretamente pela transmitância na faixa de 720 nm.

A caracterização dos filmes através da espectroscopia na região do infravermelho médio foi realizada no laboratório de Spectrochimie Infrarouge et Raman (LASIR) / Université des Sciences et Technologie de Lille (França). Foi utilizado espectrofotômetro Perkin-Elmer (Spectrum One), provido com acessório de reflectância total atenuado (ATR), equipado com um cristal de diamante.

Os espectros foram coletados no mínimo 4 vezes por amostra, tendo sido feitas 20 varreduras em cada repetição com resolução 4 cm<sup>-1</sup>. A faixa espectral considerada foi de 4 000 a 7 00 cm<sup>-1</sup>, com ênfase na região

denominada “impressão digital”, de 2 000 a 700 cm<sup>-1</sup>, que possibilita uma investigação da estrutura molecular dos compostos analisados (Dupuy, 1993; 1997).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 5 blocos e 5 repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O processamento dos resultados foi realizado com o programa “Statistical Analysis System” (SAS). Foi utilizado o programa Systat 8.0 para elaboração de histogramas para espessura e gramatura.

Os espectros médios foram convertidos em arquivos numéricos, e sobre os valores das análises metodológicas, foi realizada análise de componentes principais (PCA) (Windig, 1988) e para as análises quantitativas empregou-se a metodologia denominada regressão de quadrados mínimos parciais (PLS) (Martens e Naes, 1988).

Pode-se dividir a aplicação da análise de Componentes Principais de acordo com Aspectos Qualitativos (Análise Exploratória e Classificação) e Quantitativos (Calibração Multivariada).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia de Ghorpade *et al.* (1995), que definiu da equação como a = - verde, + vermelho; b = - azul, + amarelo.

O Quadro 1 mostra os índices de cor luz do sol (CIE C) e para luz do dia (CIE D65), de brancura (W) e amarelo (YE313, YD1925). Para essa análise foi utilizado o corpo negro como fundo, o qual absorve e emite toda a radiação, conforme recomenda Ferreira (1991).

Analisando CIE C e CIE D65, observou que os valores dos índices de luminosidade a e b (Lab) são semelhantes, não ocorrendo variação expressiva entre eles.

Os índices de luminosidade (L) dos filmes de fécula modificada foram semelhantes ao resultado do controle, sendo que os filme de CMA de baixa viscosidade a 3% e o esterificado a 5%, apresentaram os menores valores, com confirmação dos valores de índice de brancura que também foram os menores.

Segundo Ghorpade *et al.* (1995) valores de L próximos a 100 indicam branco, dessa forma pode-se dizer que todos os filmes podem ser classificados como tendendo a branco.

**QUADRO 1.** Índices de cor, referente aos filmes de fécula modificada de mandioca, considerando a transmitância.

Tratamento	% Fécula	Luz Solar			Luz do dia			Branco W	Amarelo	
		L	A	b	L	a	b		YE313	YD1925
Controle (PVC)	–	99,88	–2,20	–7,90	99,89	–2,59	–4,31	711,99	–2,44	–4,26
CMA alta	3	91,89	–0,72	–0,75	91,95	–0,21	–0,42	89,83	0,67	0,16
viscosidade	5	97,90	–0,84	–2,23	97,91	–0,97	–1,23	153,30	–0,39	–1,56
CMA baixa	3	76,09	0,25	–0,05	76,09	0,25	–0,02	64,48	2,12	2,44
viscosidade	5	83,09	0,00	0,23	83,09	–0,04	0,07	76,89	2,61	2,80
<i>Cross link</i>	3	86,24	–0,08	–0,07	86,24	–0,08	–0,06	86,79	2,43	2,60
	5	84,09	0,05	0,12	84,09	0,07	0,05	69,54	1,75	1,69
Esterificado	3	96,43	0,25	–2,54	96,42	0,20	–1,39	120,17	–2,01	–2,67
	5	72,81	–0,11	–0,06	72,82	–0,11	–0,04	56,90	1,43	1,10

Esses resultados podem ser interpretados como uma propensão dos filmes de fécula modificada de apresentarem a mesma luminosidade em ambiente, em relação ao filme controle (PVC de baixa densidade).

A análise dos valores de índice a dos filmes controle (PVC), CMA alta viscosidade (3 e 5%), *cross link* a 3% e esterificado a 5% possuem coloração tendendo a verde e os demais a vermelho, a análise os valores do índice b, mostram que *cross link* possui coloração amarela e os demais, azul.

O Quadro 2 apresenta os índices de transparência dos filmes, onde não foi observado diferença significativa entre as amostras de todos os tratamentos. Os filmes de

CMA de alta e baixa viscosidade a 3% e o *cross link* a 5% apresentaram valores semelhantes ao controle.

Como o controle utilizado é um filme plástico (PVC de baixa densidade), utilizado comercialmente para embalar alimentos e hortícolas minimamente processadas, a semelhança entre os valores foi um fator positivo, pois conforme afirmaram Gontard *et al.* (1994) e Cuq *et al.*, (1996), o produto deve ser embalado de tal modo que seja visto, e o controle apresenta as característica de transparência aceitas no mercado.

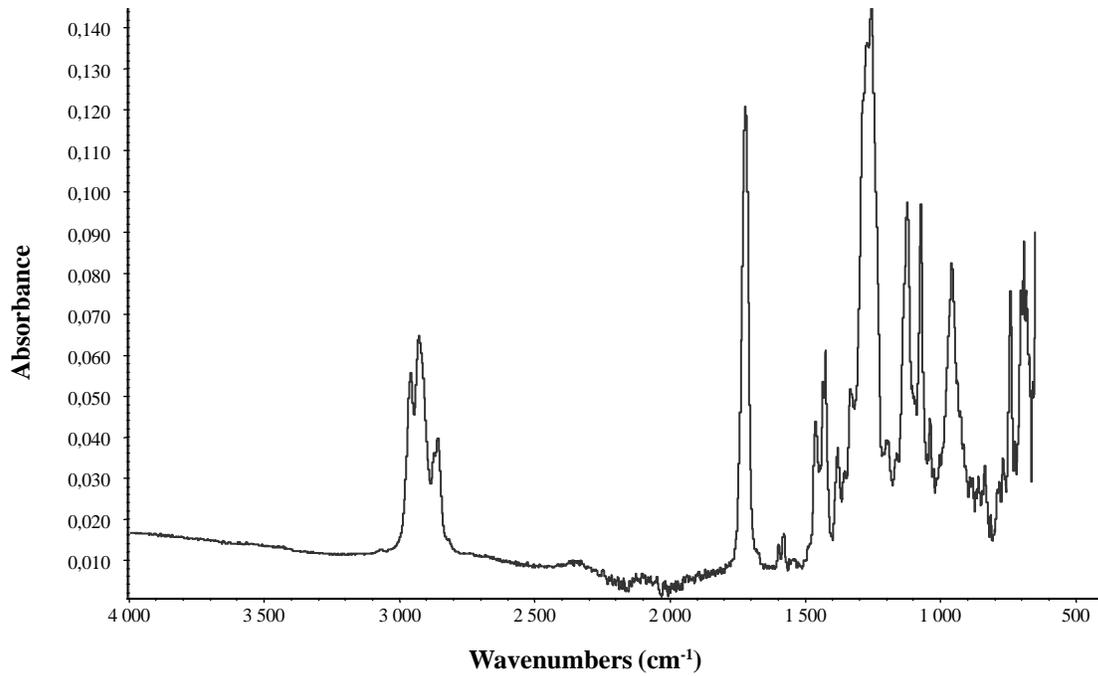
As análises de infravermelho médio estão caracterizadas nas Figuras 1 e 2.

**QUADRO 2.** Índices de transparência, referente aos filmes de fécula modificada de mandioca, medidos por transmitância, 720 nm.

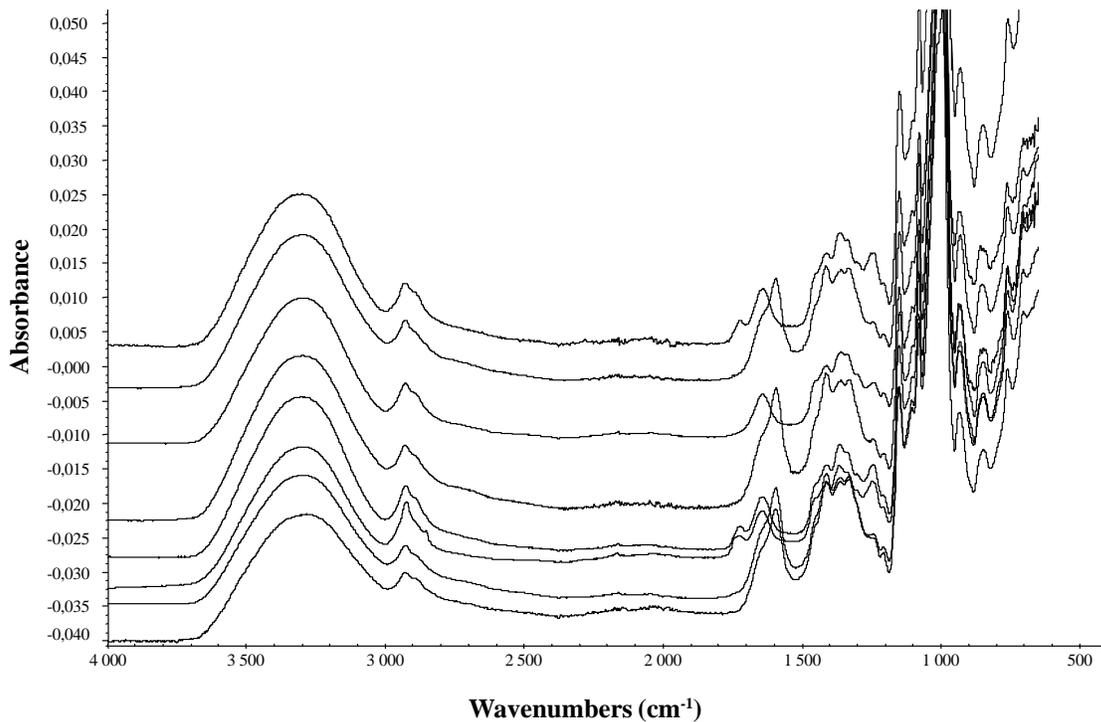
Tratamento	% Fécula	Blocos					Média
		1	2	3	4	5	
Controle (PVC)	–	101135,3	107900,1	99908,3	99905,9	99916,5	101753,22 A
CMA alta	3	91086,1	80155,5	101271,9	102782,1	99547,3	94968,58 A
viscosidade	5	104792,8	100060,6	99692,3	102096,3	100756,5	101479,7 A
CMA baixa	3	97804,8	104003,7	99780,7	98068,9	106300,3	101191,68 A
viscosidade	5	109931,4	90114,9	99637,3	99093,9	78059,1	95367,32 A
<i>Cross link</i>	3	75629,4	93635,1	100306,6	101446,6	99804,0	94164,34 A
	5	114472,4	96881,9	99898,2	101387,7	97446,5	102017,34 A
Esterificado	3	75731,2	97281,2	101046,4	97532,5	100995,8	94517,42 A
	5	92795,2	98624,0	97558,2	101391,1	100012,8	98076,26 A

c.v. = 8,211522

letras maiúscula, comparação na coluna.



**FIGURA 1.** Espectro Infravermelho médio controle (PVC), na região espectral de 4000 a 500 cm<sup>-1</sup>.



Legenda: Sentido superior p/ inferior: 5% CMA baixa viscosidade; 3% CMA baixa viscosidade; 5 % esterificado; 5% *Cross link*; 3% *Cross link*; 3% CMA alta viscosidade; 5% CMA alta viscosidade; 3% esterificado.

**FIGURA 2.** Espectros infravermelhos médios dos filmes de fécula modificada de mandioca, na região espectral de 4000 a 500 cm<sup>-1</sup>.

A Figura 2 revela que os filmes de fécula modificada não foram facilmente diferenciados pelos espectros, pois aparentemente possuem as posições dos picos de absorção semelhantes, na região da “impressão digital” (2000 - 700  $\text{cm}^{-1}$ ). Todos os filmes foram obtidos de fécula de mandioca que passaram por algum tipo de modificação, portanto a estrutura básica é mesmo amilose e amilopectina. Segundo Smith (1967), as modificações provocam alterações de menos de 1% em peso na fécula natural, mas comparando a Figura 1 e 2, nota-se que os grupamentos do filme utilizado como controle são diferentes dos filmes de fécula modificada.

Na Figura 2, observou-se que provavelmente na região próxima a 3 200  $\text{cm}^{-1}$  ocorreu uma banda de água em todos os espectros. A banda do infravermelho médio na região 1 738 - 1 689  $\text{cm}^{-1}$  tem característica de vibrações dos grupos carbônicos (Inagaki *et al.*, 1994), e nas regiões próximas à 1 240  $\text{cm}^{-1}$  grupos de C - O e mas de 1 020 - 1 040  $\text{cm}^{-1}$  grupos de COH. Segundo VanSoest *et al.* (1995) a região próxima a 994  $\text{cm}^{-1}$  pode ser estimada como pontes de hidrogênio.

### CONCLUSÃO

Todos os filmes apresentaram luminosidade e transparência semelhante ao filme de PVC de baixa densidade, com característica de brancura.

### BIBLIOGRAFÍA

- Cuq, B., N. Gontard, J. L. Cuq and S. Guilbert. 1996. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as effected by film thickness. *Journal of Food Science*, 61(3):580-584.
- Dupuy, N. 1997 *Chimiometrie en spectrometrie infrarouge*. Lille. In: Memoire presenté à l' Université des Sciences et Technologie de Lille pour obtenir l' habilitation a diriger les recherches. 90 p.
- Dupuy, N. 1993. Analyse quantitative par spectrometrie moyen infrarouge par transformée de Fourier. Mise au point des protocoles transposables en milieu industriel. Lille. Thèse de doctorat - Université du Droit et de la Santé de Lille. 120 p.
- Ewing, G. W. 1972. A absorção da radiação: Infravermelho. In: *Métodos Instrumentais de Análise Química*. \_\_\_\_\_. (ed). Editora Edgard Blüchen Ltda. v. I:100-128.
- Ferreira, V. L. P. 1991. *Colorimetria em alimentos*. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 43 p.
- Francis, J. F. and F. M. Clydesdale. 1975. *Food colorimetry: Theory and application*. The AUI Publishing Co., Inc., 477 p.
- Ghorpade, V. M., A. Gennadios, M. A. Hanna and C. L. Weller. 1995. Soy protein isolate (poly(ethyleneoxide)) films. *Cereal Chemistry*, 72(6):559-563.
- Gontard, N., C. Ducheze, J. L. Cuq and S. Guilbert. 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International Journal of Food Science technology*, 29:39-50.
- Inagaki, N. and K. Hibi. 1994. Improved adhesion between plasma - treated polyimide film and evaporated copper. In: STROBEL, M., LYON, C. S., MITTAL, K. L. (Ed) *Plasma surface modification of polymers relevance to adhesion* 8(4):275-290.
- Judd, D. B. and G. Wyszecski. 1975 *Color in business, science and industry*. John Wiley; Sons - Toronto. 3 edd, 553 p.
- Martens, H. e T. Naes. 1988. *Multivariate calibration, NIR publications*, Chinchester, UK.
- Rindlav, A., S. H. D. Hulleman and M. P. Gatenhol. 1997. Formation of starch films with varying crystallinity. *Carbohydrates Polymers*, n. 34:25-30.
- Santha, N., K. G. Sudha, K. P. Vijaayakumari, V. U. Nayar and S. N. Moorthy. 1990. Raman and infrared spectra of starch samples of weat potato and cassava. *Proc. Indian Acad. Sci (Chem. Sci.)*. 102(5):705-712.
- Smith, R. J. 1967. Characterization and analysis of starches. In: WHISTLER, R. L.; E. F. PASCHALL, *Starch: Chemistry and Technology*. New York: Academic Press, 2:569-635.
- Sobral, P. J. do A. 1999. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura *Ciência et Engenharia*. 8(1):60-67.
- Vansoest, J. G., H. Tournois, D. Dewit and J. F. G. Vliegthart. 1995. Short-range structure in (partially) crystalline potato starch determined with attenuated total reflectance fourier transform IR spectroscopy. *Carbohydrate Research*, 279:201-214.
- Windig, W. 1988. *Chemometrics and Intelligent Laboratory systems*. Amsterdam: Elsevier.

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS EN EL SUELO, NIVEL NUTRICIONAL DE LA PLANTA Y HONGOS MICORRÍDICOS ARBURCULARES EN PLANTACIONES DE *Theobroma cacao***

**EFFECT OF THE INORGANIC FERTILIZATION ON THE AVAILABILITY OF NUTRIMENTOS IN THE GROUND, LEVEL NUTRICIONAL OF THE PLANT AND FUNGI MICORRÍDICOS ARBURCULARES IN PLANTATIONS OF *Theobroma cacao***

**Marisol López\*, Isaura López de Rojas\*, Mingrelia España\*, Alexis Izquierdo\* y Lusbi Herrera\*\***

\* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (CENIAP). Zona Universitaria. 4579. Apdo. 4846. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. Email:lopezmar4@hotmail.com.

\*\* Profesor. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía (FAGRO). Maracay. Apdo

**RESUMEN**

Las prácticas agronómicas utilizadas en plantaciones de cacao, *Theobroma cacao* L., para incrementar la producción del cultivo, incluye fertilización inorgánica para cubrir los requerimientos nutricionales de la planta e incrementar la fertilidad química del suelo de (disponibilidad de macronutrientes), subestimando el componente biológico. Con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo, el nivel nutricional del cacao y la presencia de esporas de hongos micorrízicos, se estableció un experimento en campo en la finca "Los Torres", en Choroni, estado Aragua, entre las coordenadas 10° 20' 58" N y 67° 37' 36" O. Las dosis de nutrientes fueron en gramos por árbol: 45 de nitrógeno (N), y 0, 45, 90 y 135 g árbol<sup>-1</sup> de fósforo (P) y potasio (K), las cuales combinadas constituyeron 16 tratamientos, repetidos tres veces. En el segundo año de evaluación, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos con fósforo ( $\alpha = 1\%$ ), aumentando la disponibilidad. Observándose interacción entre los niveles de P y K. La dosis de potasio de 45, 90 y 135 g planta<sup>-1</sup> favoreció la disponibilidad de fósforo en el suelo. Después del 1<sup>er</sup> año de evaluación, los niveles de P, Ca y Mg en planta se incrementaron significativamente. Mientras que el potasio aumentó el 2<sup>do</sup> año de evaluación. El fósforo disponible afectó significativamente el número de esporas de hongos micorrízicos en los sistemas de producción de cacao, el número de esporas disminuyó al incrementarse las dosis de P.

**Palabras Clave:** *Theobroma cacao* L; fertilización inorgánica; dosis, micorrizas; fertilidad de suelo; análisis nutricional en planta; experimento en campo; Aragua; Venezuela.

**SUMMARY**

Agronomic practices used in cocoa, *Theobroma cacao* L., plantations to increase crop production include inorganic fertilization to cover the nutritional requirements of the plant and to increase only the chemical soil fertility (macronutrients available), underestimating the biological component. The objectives of this study were to evaluate the effect of inorganic fertilization on: the availability of soil nutrients, the nutritional level of cocoa crop and the presence of arbuscular mycorrhiza (AM) spores. A field experiment was carried out in the farm "Los Torres", in Choroni, Aragua state, (10° 20' 58" N and 67° 37' 36" O). The doses of nutrients (g tree<sup>-1</sup>) were: 45 of nitrogen (N), and 0, 45, 90 and 135 of phosphorus (P) and potassium (K), for a total of 16 treatments, repeated three times. During the second year of evaluation, highly significant differences between P treatments were found ( $\alpha = 1\%$ ), increasing availability. Interactions between levels of P and K were observed. The potassium doses of 45, 90 and 135 g plant<sup>-1</sup> favored P availability in the soil. After the first year of evaluation, the levels of P, Ca and Mg in plant increased significantly. While potassium increased in the 2<sup>nd</sup> year of evaluation. The available phosphorus affects the number of spores of AM in the systems of production of cocoa, the number of spores decreased when the doses of P increased.

**Key Words:** *Theobroma cacao* L.; inorganic fertilization; doses; mycorrhizal; soil of fertility; plant nutritional analysis; field experiment; Aragua; Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

La producción de cacao, *Theobroma cacao* L., en Venezuela se caracteriza por ser agrosistemas de muy poca intervención humana, desarrollándose bajo condiciones ambientales muy particulares. El cacao tiene requerimientos agro ecológicos típicos de las zonas tropicales húmedas por debajo de los 1 000 m.s.n.m., y entre 10° latitud norte, 10° latitud sur (Sánchez, 2000). Según este investigador para el año 1999, se cultivaba en el país menos del 5% de las áreas potenciales para este cultivo -alrededor de 60 000 ha- y según las metas propuestas para el año 2006 debería incrementarse a 80 000 ha si se toman medidas dirigidas a disminuir los factores limitantes, entre los cuales menciona la suplencia adecuada de semillas y la aplicación de paquetes tecnológicos que incluyen la renovación y la rehabilitación de la plantaciones, es decir, desarrollar prácticas y tecnologías que promuevan aumentos en la producción de este rubro.

Este cultivo en el país se ha mantenido con poco uso de insumos externos y la fertilización basado principalmente en el reciclaje de nutrimentos derivados de los restos de materiales vegetales tanto del propio cultivo como de las plantas utilizadas como sombra temporal y permanente. Sin embargo, se considera una planta exigente en nutrimentos (Ramos *et al.*, 2000; PDVSA, 1992) siendo estos requerimientos afectados por factores tales como el material genético, grado de sombreado (PDVSA, 1992) así como otros factores asociados a la edad de la planta, control de plagas y enfermedades y al suelo, tales como drenaje (Ramos *et al.*, 2000).

Los rendimientos por hectárea de cacao en el país son bajos, siendo los del estado Aragua, los menores (entre 50-90 kg ha<sup>-1</sup>), razones por las cuales se ha estado promoviendo el uso de fertilizantes inorgánicos como una vía necesaria para incrementar los rendimientos y la calidad del fruto (López *et al.*, 2000). En este sentido, Uribe *et al.* (2000), señalan trabajos sobre fertilización en cacao realizados en países de América y África que son reconocidos productores de cacao como Trinidad, México, Brasil, Ghana y Colombia, considerando también entre los factores que afectan la respuesta de la planta a la fertilización aspectos tales como: distancia de siembra y sombra. Chepote *et al.* (2005), señalan la evidente respuesta a la fertilización del cultivo de cacao en suelos ácidos del Sul da Bahía de Brasil.

Un aspecto de gran importancia a considerar, es que en estos ambientes naturales predominan poblaciones de microorganismos que favorecen la nutrición de las plantas, como es el caso de hongos micorrízicos (HM), denominados así porque forman asociación simbiótica

mutualística (Micorriza), la cual ocurre entre las raíces de la mayoría de las plantas superiores y hongos del género Glomales.

El principal beneficio que las plantas obtienen de las micorrizas es el incremento en la adquisición de nutrimentos de baja movilidad y disponibilidad como el fósforo. Sin embargo, los últimos estudios han demostrado, que el beneficio es más amplio y complejo, indicando que las plantas micorrizadas pueden tolerar ambientes adversos, bióticos y abióticos.

En Venezuela se han dirigido esfuerzos para desarrollar prácticas tendentes a incrementar la producción de los cultivos como el cacao, surgiendo recomendaciones prácticas para fertilizarlo (Molina, 1989; PDVSA, 1992; Ramos *et al.*, 2000) las cuales tuvieron como criterio principal el estado nutricional del cultivo y la fertilidad del suelo desde el punto de vista físico y químico (disponibilidad de macronutrimentos), subestimando el componente biológico. Sin embargo, en el proceso de comprensión del papel que desempeñan los microorganismos en los ciclos de nutrimentos minerales y en las cadenas tróficas del suelo, ha emergido el concepto de suelo como "sistema viviente", en contraste con la percepción agronómica convencional que trabaja con la idea de concebir al suelo como un ente inerte, surgiendo alternativas de manejo de los agrosistemas orientadas a potenciar y valorar el componente biológico como principio ecológico o factor determinante en la sustentabilidad de agrosistemas.

La calidad del suelo es un indicador integral de ecosistemas agrícolas sustentables y uno de los componentes claves de la calidad del suelo es su biota, en particular el comportamiento (Harrier y Watson, 2003). Estos argumentos fundamentan la necesidad de incorporar y valorar la biota del suelo y su comportamiento en la promoción de agrosistemas sustentables.

El cacao por ser una planta micótrufa obligada requiere de manejos conservacionistas que promuevan la simbiosis: hongo - raíz. En este sentido, en el Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA, 2004) se compilaron las recomendaciones de fertilización usadas para varios rubros de interés económico del país, entre ellas las correspondientes al cacao, encontrándose cambios importantes en las dosis de nutrimentos recomendadas, principalmente de fósforo, reduciéndose su dosificación de acuerdo a los resultados de investigación obtenidas en los últimos 7 años, donde se ha encontrado que la fertilización inorgánica, así como la naturaleza de las plantas usadas como sombra permanente y temporal, son criterios de vital importancia a considerar por su efecto directo sobre la biota del suelo.

Debido a la dependencia micorrizica del *Theobroma cacao* L., la práctica de fertilización, principalmente nitrogenada y fosfatada, debe ser evaluada integralmente, considerando no sólo el rendimiento del cultivo y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, sino la composición y comportamiento de la biota, a fin de no inhibir estos procesos biológicos ni estimular la dependencia de insumos externos en estos sistemas (López *et al.*, 2000).

Sieverding, (1991) y Siquiera *et al.* (1989) han señalado que la diversidad y las comunidades de las micorrizas vesiculares arbusculares, (MVA) tienden a disminuir cuando los ecosistemas naturales son transformados. En estudios relacionados con inoculación y fertilización de plantas de cacao, Azizah y Ragu (1986), encontraron que la aplicación de fósforo influyó considerablemente sobre el desarrollo de micorrizas; pequeñas aplicaciones de fósforo a suelos tanto inoculados como esterilizados incrementó el porcentaje de colonización, teniendo un efecto contrario las altas adiciones de este elemento. Igualmente Young *et al.* (1986) encontraron que la inoculación con hongo MVA incrementó la absorción de fósforo de plantas de soya y mejoró su rendimiento, destacando el efecto que tiene tanto la especie de HM como el tipo de suelo.

Cuenca *et al.* (1990) indicaron que en Venezuela los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) nativos fueron más eficientes en promover el crecimiento en plántulas de cacao que los HM introducidos. Cuenca y Meneses (1996), realizaron una evaluación de la diversidad de HMA en 16 plantaciones de cacao en los estados Aragua, Miranda y Sucre, incluyendo un levantamiento de información sobre el manejo agronómico realizado en dichas plantaciones, así como el tipo de vegetación presente (leguminosas, musáceas, entre otros), levantando datos sobre el tiempo de uso, edad de las plantas, así como el tipo y dosis de fertilizante inorgánico (fórmula compuesta y simple) aplicado, los resultados mostraron que los HMA estuvieron presentes en todas las plantaciones de cacao estudiadas, pero el porcentaje de colonización de la raíz varió entre 14 y 69%, encontrando una correlación negativa entre el porcentaje de colonización y la disponibilidad de fósforo, lo cual fue común en las plantaciones fertilizadas.

El número de esporas varió entre 38 y 1674 esporas por 100 gramos de suelo y fue mayor en las plantaciones jóvenes que las más viejas, 15 especies de HMA fueron observadas en los sitios evaluados, estando presente en los 16 sitios la *Acaulospora scrobiculata* y el *Glomus constrictum*.

También encontraron que la presencia de árboles de sombra en las plantaciones contribuyó a promover la

diversidad biológica presente. En este contexto, se plantearon los siguientes objetivos: evaluar el efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, evaluar el nivel nutricional del cacao y el efecto de la fertilización inorgánica sobre el desarrollo de esporas de HM, para lo cual se estableció un experimento en campo en la finca "Los Torres", en Choroní, estado Aragua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Selección del sitio experimental:** en la selección del lote experimental se consideraron aspectos relacionados con las plantas establecidas, edad, presencia de sombra, tanto permanente como temporal, de manera que este sitio representara los sistemas de producción cacaoteros de las zonas con sus ventajas y limitaciones. Las plantas se encontraban en etapa de producción. Sobre la base de estas premisas se seleccionó la unidad de producción: "Los Torres", ubicada en Choroní, estado Aragua, entre las coordenadas 10° 20' 58" N y 67° 37' 36" O, en zona de vida del bosque húmedo tropical. Una vez seleccionado el sitio se procedió a caracterizar la unidad experimental desde el punto de vista agro climático, resultando una unidad típica del sistema de producción de cacao, heterogéneo en relieve y luminosidad, temperatura, humedad relativa (HR), con sombra temporal (musáceas) y permanente (*Anócardium excelsum*, mijao).

**Muestreo de suelo:** se realizó un muestreo compuesto de suelo en todo el lote experimental antes de iniciar la evaluación, según lo señalado por Ovalles y Comerma (1991) con el fin de disponer de un estimado del nivel de fertilidad del suelo y seleccionar el sitio experimental. Posteriormente se tomaron muestras de suelo con fines de fertilización por unidad experimental, alrededor de cada planta de cacao en el área de proyección de la copa del árbol. Se realizaron determinaciones de textura: distribución y tamaño de la partícula (Bouyoucos); pH (Relación suelo agua: 1: 2,5); Fósforo por Olsen, Potasio (Olsen); Calcio (Morgan); Materia orgánica (Combustión humedad, Walkley and Black, modificado); y CE (ms/cm 25 °C conductímetro), todas desarrolladas en el manual de métodos y procedimientos analíticos del FONAIAP, Gilbert *et al.* (1990).

**Análisis estadístico:** el experimento fue conducido y analizado bajo un diseño en bloques al azar, con un arreglo de tratamientos en un factorial 1x4x4, para un total de 16 tratamientos, producto de las combinaciones de una dosis de nitrógeno, 4 dosis de potasio y 4 de fósforo, los cuales se aleatorizaron en 3 bloques, originándose 48 observaciones. Cada árbol constituyó una unidad experimental. Entre las filas de los tratamientos se dejaron hilos de siembra como bordura, a fin de evitar

la contaminación de los mismos. Los resultados de análisis de suelos y de plantas se analizaron estadísticamente para conocer el efecto de los tratamientos sobre los niveles de fertilidad del suelo y nutrición de las plantas.

**Tratamientos, fertilización, dosis:** las dosis de nutrimentos fueron en gramos por árbol: 45 de nitrógeno (N), y 0, 45, 90 y 135 g árbol<sup>-1</sup> de fósforo (P) y potasio (K), estas dosis fueron combinadas hasta obtener 16 tratamientos. El fósforo se aplicó en forma de fosfato diamónico (FDA-16% N, 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), el potasio como cloruro de potasio (KCl-60% K<sub>2</sub>O) y se complementó la dosis de nitrógeno con urea (Úrea-46% N).

Las dosis de N, P y K utilizadas fueron establecidas de acuerdo a los resultados de análisis de suelo realizado con fines de fertilización en el lote experimental y considerando los requerimientos del cultivo, según lo establecido en los instructivos (tablas de doble entrada) del manual de fertilización utilizado en el laboratorio de suelo del INIA-CENIAP para plantaciones de cacao mayores a cuatro años, de acuerdo a lo señalado por Córdova y Reyes, citado por Arenas y Rodríguez, 1998 (Cuadro 1). Además, se consideraron dosis por debajo y por encima de la óptima recomendada y la no aplicación de P y K a fin de evaluar el efecto benéfico y/o detrimental de las dosis de nutrimentos usadas, sobre la fertilidad del suelo y sobre los HMA.

**CUADRO 1.** Instructivo de fertilización para mantenimiento de plantaciones de cacao mayores a cuatro años. Dosis básica de nitrógeno: 45 g planta<sup>-1</sup>. Recomendaciones generales de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (g planta<sup>-1</sup>).

P O T A S I O	Fósforo			
	Rangos	Bajo	Medio	Alto
Bajo		90-90	90-45	90-0
Medio		45-90	45-45	45-0
Alto		0-90	0-45	0-0

Fuente: Córdova y Reyes, citado por Arenas y Rodríguez (1998).

**Muestreo de plantas:** antes de aplicar la primera fertilización (correspondiente a los tratamientos a evaluar) se realizó un muestreo foliar para obtener la información inicial del estado nutricional de las plantas. Luego, durante el 1<sup>er</sup> año de evaluación se realizó muestreos foliares por tratamiento una vez al mes. En el 2<sup>do</sup> año se realizaron muestreos cada 3 meses. Estos muestreos de planta se realizaron considerando los puntos cardinales, según Avilán y Leal (1991), las hojas muestreadas fueron

las primeras cuatro hojas bien desarrolladas, en ramas sin brotes nuevos o con brotes incipientes, según Machado *et al.* (1979).

Las muestras de hojas fueron secadas a 70 °C hasta obtener peso constante y luego molidas y digeridas con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%. En el extracto obtenido se determinó N, P, K, Ca y Mg. Nitrógeno-total (N) por el método de salicilato de sodio (complejo azul) y fósforo (P) por el método nitrovanadato-molibdato (Complejo amarillo), ambas lecturas se realizaron en un Espectrofotómetro de U.V. Visible, marca Bush y Lamb. Potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se leyeron directamente en el espectrómetro de absorción atómica, marca Perkin Elmer 3100.

**Fertilización:** los fertilizantes se aplicaron al inicio de las lluvias, en un surco en el área de proyección del árbol, según Suárez (1987) y Avilán y Leal (1991). Se tomó información sobre el nivel de sombra temporal (musáceas) y permanente: mijao (*Anócardium excelsum*).

**Metodologías y procedimientos usados para evaluar los hongos micorrícicos:** Un año después de aplicar los nutrimentos, se realizó el muestreo de suelo antes de fertilizar, las muestras se tomaron alrededor de cada árbol, cerca de las raíces a profundidad de 0-20 cm, al inicio del período de lluvias, se tomaron cuatro muestras por unidad experimental, las cuales se mezclaron para obtener una muestra compuesta por árbol. Las muestras fueron homogeneizadas y las esporas de HMA fueron determinadas según Sieverding (1991).

Para separar e identificar las esporas de hongos MVA se utilizó el método de Gerdemann y Nicolson, modificado por Sieverding (1991) para suelos tropicales. La cuantificación de la colonización de los hongos MVA por Giovanetti y Mosse (1980), contándolas y separándolas usando un microscopio de disección. Los resultados de colonización se analizaron estadísticamente para cuantificar el número de esporas y relacionarlos con la fertilización fosfatada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto de la fertilización sobre la disponibilidad de nutrimentos del suelo y nutrición del cultivo**

**Disponibilidad de nutrimentos en el suelo**

En el Cuadro 2, se presentan niveles de fertilidad química del suelo al inicio del experimento, observándose baja disponibilidad en fósforo, medios en potasio, altos en calcio y magnesio, niveles de materia orgánica

(MO) de medios a altos y de textura franco arcilloso, de acuerdo a los criterios de interpretación de disponibilidad señalados por Gilbert de Brito *et al.* (1990) significando que es un lote experimental de mediana a alta fertilidad química con bajos contenidos de P-disponible.

Al primer año de la fertilización, se encontró ligeros incrementos en la disponibilidad de fósforo, el cual osciló entre 2 y 10 mg kg<sup>-1</sup>, observándose diferencias significativas entre tratamientos, manteniéndose el contenido de este elemento por debajo del nivel crítico de disponibilidad (P<12). El potasio osciló entre 32 y 87 mg kg<sup>-1</sup>, valores considerados de mediana disponibilidad de acuerdo a la textura del suelo (50-100 mg kg<sup>-1</sup>).

El calcio estuvo entre 469 y 973 mg kg<sup>-1</sup>, los valores encontrados se consideran entre media (150-400 mg kg<sup>-1</sup>) y alta (>400 mg kg<sup>-1</sup>) disponibilidad. El magnesio, osciló entre 122 y 291 mg kg<sup>-1</sup>, indicando alta disponibilidad (Mg alto: >100 mg kg<sup>-1</sup>). La MO presentó valores entre medio y alto, no evidenciándose en ninguno de estas variables cambios con relación a los rangos de disponibilidad inicial. La reacción del suelo se mantuvo entre neutra a ligeramente básica, encontrándose valores de pH entre: 7,03 y 7,73 (Cuadro 3).

En el primer año de evaluación no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques, Cuadro 4.

El segundo año de evaluación se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos con fósforo ( $\alpha = 1\%$ ), evidenciándose incrementos del elemento en función de los tratamientos evaluados, hubo diferencias significativas ( $\alpha = 5\%$ ) en la disponibilidad de calcio y magnesio entre bloques (Cuadro 5).

Las diferencias estadísticas encontradas entre bloques, reflejan la variabilidad del sitio experimental -muy típico de zonas cacaoteras- ya que si las diferencias se hubiesen encontrado entre tratamientos evaluados, se pudiera atribuir al efecto de las dosis de nitrógeno, fósforo o potasio. Sin embargo, los elementos Ca (>400 mg kg<sup>-1</sup>) y

Mg (> 100 mg kg<sup>-1</sup>), se encuentran en cantidades altas de disponibilidad, reflejando un nivel de fertilidad medio del lote experimental, siendo desde el punto de vista de disponibilidad de nutrimentos bajo sólo en fósforo y potasio.

En el Cuadro 6 se presenta el análisis de varianza del efecto de los tratamientos sobre las propiedades del suelo -como indicadores del nivel de fertilidad- de acuerdo a la disponibilidad de los nutrimentos: P, K, Ca y Mg, contenido de MO reacción del suelo (pH) y la conductividad eléctrica (CE), encontrándose diferencias estadísticas altamente significativas en la disponibilidad del fósforo P por efecto de la aplicación de este elemento y a las dosis de fósforo utilizada como fertilización inorgánica, lo cual se corresponde con los resultados ilustrados en las Figuras 2 y 3. La diferencia estadística significativa encontrada en las variables magnesio (Mg) y MO por el factor bloque, refleja la variabilidad espacial del lote experimental. Igualmente se encontró diferencias significativas en la CE por efecto de la fertilización fosfatada, potasio y la interacción P x K.

Sin embargo, los niveles de CE se mantienen bajos, no reflejándose problemas de salinidad, pero estos ligeros incrementos en la CE, sugieren la necesidad de hacer seguimientos periódicos en el agroecosistema para evaluar el efecto de las prácticas de fertilización inorgánica (N, P, K) sobre la calidad del suelo, evitando problemas de salinidad a mediano o largo plazo.

Los resultados reflejan interacción entre los niveles de P y K (Figura 1). La dosis de potasio de 45, 90 y 135 g planta<sup>-1</sup> favoreció la disponibilidad de fósforo en el suelo, alcanzando valores por encima de 25 mg kg<sup>-1</sup>, sin embargo, la dosis de potasio de 90 g planta<sup>-1</sup>, tiende a tener un efecto negativo sobre la disponibilidad del P-suelo, el cual se mantiene a alto nivel de disponibilidad, pero se redujo el contenido hasta aproximadamente 20 mg kg<sup>-1</sup> con la dosis de 90 g por planta y con la dosis más alta de potasio (135 g planta<sup>-1</sup>) el fósforo disponible aumenta sólo con la mayor dosis de fósforo aplicada (135 g planta<sup>-1</sup>).

**CUADRO 2.** Nivel de fertilidad del lote experimental antes de fertilizar. Choroní, Aragua.

P-Olsen	K-Olsen	Ca-Morgan (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg-Morgan	MO (g kg <sup>-1</sup> )	pH (relación suelo-agua 1:2,5)	Textura
2-8(B)	32-87(M)	469-973(A)	123-291(A)	2-5(M-A)	7	Fa

B = baja disponibilidad; M = mediana disponibilidad; A = alta disponibilidad. Fa = franco arenoso.

**CUADRO 3.** Valores promedios de disponibilidad de nutrientes P, K, Ca, Mg, cantidad de materia orgánica y reacción del suelo (pH). 1<sup>er</sup> año de evaluación.

Tratamientos	P	K	Ca	Mg	MO	pH
	(mg kg <sup>-1</sup> )				(g kg <sup>-1</sup> )	(Suelo-agua 1:2,5)
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>0</sub>	5,66	62,33	853,33	138,67	2,21	7,36
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>1</sub>	3,00	55,00	583,33	159,33	2,67	7,26
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>2</sub>	10,00	63,00	890,67	202,67	3,41	7,56
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>3</sub>	3,66	56,66	820,00	194,00	5,04	7,30
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>0</sub>	4,33	68,66	875,33	202,00	3,44	7,60
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>1</sub>	3,66	50,66	494,00	135,33	2,66	7,13
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>2</sub>	3,66	64,33	549,33	154,00	2,70	7,13
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>3</sub>	2,66	32,00	569,33	145,33	2,26	7,40
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>0</sub>	2,66	42,33	588,67	144,00	2,63	7,03
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>1</sub>	4,00	63,33	685,33	142,67	3,21	7,30
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	8,33	45,00	469,33	122,67	2,57	6,96
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	4,00	54,66	687,33	163,33	2,85	7,20
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>0</sub>	3,33	71,66	790,67	194,00	3,93	7,50
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>1</sub>	2,00	59,00	525,33	158,00	2,45	7,50
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>2</sub>	6,00	87,00	972,67	291,33	3,37	7,73
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>3</sub>	4,66	80,66	840,33	206,00	3,76	7,36

N<sub>1</sub> = básica de 50 g planta<sup>-1</sup>; P<sub>0</sub> y K<sub>0</sub> = 0 g árbol<sup>-1</sup>; P<sub>1</sub> y K<sub>1</sub> = 45 g árbol<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub> y K<sub>2</sub> = 90 g árbol<sup>-1</sup>; P<sub>3</sub> y K<sub>3</sub> = 135 g árbol<sup>-1</sup>

**CUADRO 4.** Análisis de varianza de las propiedades del suelo. 1<sup>er</sup> año de muestreo.

Variables	Causas de Variación		CV (%)
	Tratamiento	Bloque	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	91,85
K (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	28,62
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	42,28
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	33,40
MO (%)	N.S.	N.S.	41,40
pH (relación suelo-agua 1:2,5)	N.S.	N.S.	4,95
CE (ms cm <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	36,81

N.S. = no significativo, CV= Coeficiente de variación. Prueba de Medias Tukey, P≤0,05.

**CUADRO 5.** Valores promedios de disponibilidad de nutrimentos P, K, Ca, Mg, cantidad de materia orgánica y reacción del suelo (pH). 2<sup>do</sup> año de evaluación.

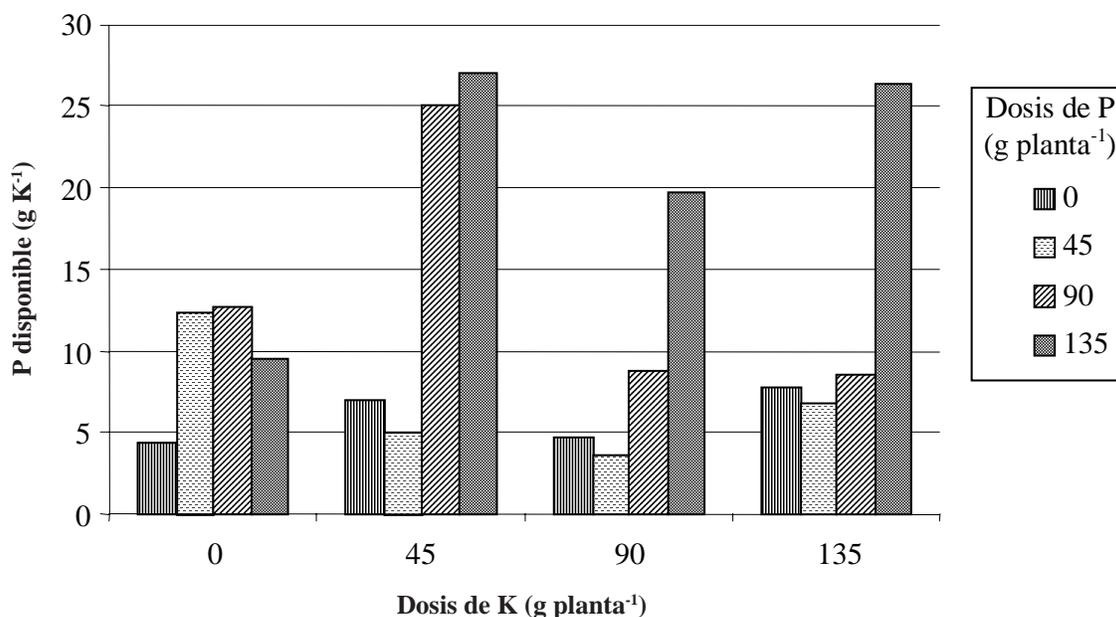
Tratamientos	P	K	Ca	Mg	MO	pH
	(mg kg <sup>-1</sup> )				(g kg <sup>-1</sup> )	(Suelo-agua 1:2,5)
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>0</sub>	4,33	62,33	900,67	133,33	2,77	6,80
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>1</sub>	7,00	65,67	603,33	132,67	2,20	6,80
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>2</sub>	4,67	80,33	845,33	127,33	3,00	7,17
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>3</sub>	7,67	84,33	809,33	157,33	3,99	6,70
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>0</sub>	12,33	66,00	840,00	150,00	2,82	7,40
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>1</sub>	5,00	53,00	606,67	114,67	2,14	6,67
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>2</sub>	3,67	53,00	531,33	109,33	2,11	6,53
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>3</sub>	6,67	59,00	748,67	143,33	2,68	7,00
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>0</sub>	12,67	59,00	697,33	118,00	2,92	6,73
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>1</sub>	25,00	60,33	933,33	144,00	3,39	6,80
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	8,67	56,00	567,33	161,33	2,19	6,73
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	8,50	87,50	750,00	180,00	3,43	6,80
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>0</sub>	9,50	46,00	749,00	109,00	2,35	6,95
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>1</sub>	27,00	72,00	641,33	146,00	2,71	6,57
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>2</sub>	19,67	97,00	818,00	176,00	2,81	7,00
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>3</sub>	26,33	73,33	750,00	168,67	3,35	6,83

N<sub>1</sub> = básica de 50 g planta<sup>-1</sup>; P<sub>0</sub> y K<sub>0</sub> = 0 g árbol<sup>-1</sup>; P<sub>1</sub> y K<sub>1</sub> = 45 g árbol<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub> y K<sub>2</sub> = 90 g árbol<sup>-1</sup>; P<sub>3</sub> y K<sub>3</sub> = 135 g árbol<sup>-1</sup>

**CUADRO 6.** Análisis de varianza de las propiedades del suelo. 2<sup>do</sup> año de muestreo.

Variables	Causas de Variación				CV (%)
	Trat (P)	Trat (K)	Bloque	Trat (P) x Trat (K)	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	**	N.S.	N.S.	N.S.	77,20
K (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	29,32
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	37,23
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	N.S.	N.S.	*	N.S.	25,87
MO (%)	N.S.	N.S.	*	N.S.	37,72
pH (relación suelo-agua 1:2,5)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	6,09
CE (ms cm <sup>-1</sup> )	*	*	N.S.	*	320,47

\*\* Altamente significativo < 0,01, \* significativo < 0,05, N.S. no significativo, C.V = Coeficiente de variación. Prueba de Medias Tukey, P≤0,05



**FIGURA 1.** Interacción entre P y K en el suelo para el 2<sup>do</sup> año de evaluación. Nivel nutricional de las plantas.

### Nivel nutricional de las plantas

Con relación a la nutrición mineral del cultivo se observaron las siguientes variaciones en la concentración de nutrimentos en el tejido antes de fertilizar (Cuadro 7).

Los valores de nutrimentos en términos porcentuales fueron: En nitrógeno entre 0,89 y 1,69, en fósforo entre 0,10 y 0,19, potasio entre 1,32 y 2,50, calcio entre 0,82 y 1,53 y el magnesio entre 0,33 y 0,58. Todos estos valores -excepto calcio- se encuentran por debajo de los niveles críticos indicados por Malavolta citado por Chepote *et al.* (2005). Es decir, niveles bajos.

El primer año, después de la fertilización se observaron las siguientes variaciones en la concentración de nutrimentos: El nitrógeno osciló entre 1,03 y 1,75%, el fósforo entre 0,22 y 0,43%; el potasio entre 1,26 y 1,87%; calcio entre 2,30 y 3,83%; y el magnesio entre 0,57 y 0,93%.

Observándose una ligera disminución en la concentración de potasio, el cual osciló entre 1,26 y 1,87%, valores considerados bajos (Cuadro 8), de acuerdo a los niveles críticos de referencia. Esta disminución en la concentración de potasio el primer año después de fertilizar puede ser debido a movilización de este elemento a órganos reproductivos (mazorcas) en formación, ya que la disminución de K en el tejido ocurrió en todos los tratamientos evaluados, tanto donde se aplicó potasio (tratamientos: 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11,

12, 14, 15 y 16) como donde no se aplicó K (1, 5, 9 y 13), y el nivel de disponibilidad de este elemento en el suelo (Cuadro 3) se encontraban a niveles medios, lo que significa que el suelo no presentó deficiencia de potasio durante el tiempo de evaluación.

El análisis de varianza (Cuadro 10), refleja diferencias estadísticas significativas ( $\alpha = 5\%$ ) por efecto del factor tratamiento en el segundo muestreo de planta realizado, pero este efecto no significó incrementos en la concentración de K en el tejido (Cuadro 8). Mientras que en el 2<sup>do</sup> año (Cuadro 9), se encontró incrementos en N, P, K y Ca en algunos tratamientos con respecto a la concentración de estos nutrimentos al inicio del experimento, antes de fertilizar (Cuadro 7).

El nitrógeno osciló entre 1,41 y 1,69% ocurriendo ligeros incrementos en los tratamientos (1, 2, 8, 14, 15 y 16) con relación a la concentración inicial, mientras que la concentración de fósforo estuvo entre 0,11 y 0,19%, siendo superior en los tratamientos (1, 2, 10 y 13), mientras que el potasio aumentó en los tratamientos (1, 2, 10, 11 y 15), igualmente se observó aumentos en la concentración de calcio, oscilando entre 0,96 y 1,54%. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico, en el 2<sup>do</sup> año sólo se evidenciaron diferencias significativas en el 3<sup>er</sup> y 6<sup>to</sup> muestreo y para el contenido de nitrógeno.

En el caso del fósforo no se observaron variaciones desde el punto de vista estadístico (Cuadro 10).

**CUADRO 7.** Concentración de macronutrientes en el tejido de planta de cacao al inicio de experimento, antes de fertilizar.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>0</sub>	1,10	0,13	1,52	1,24	0,46
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>1</sub>	1,28	0,13	1,87	0,82	0,37
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>2</sub>	1,57	0,15	2,20	1,53	0,45
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>3</sub>	1,42	0,16	2,07	1,41	0,56
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>0</sub>	1,56	0,17	2,24	1,27	0,52
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>1</sub>	1,69	0,17	2,21	1,29	0,58
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>2</sub>	1,44	0,17	2,43	1,05	0,52
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>3</sub>	1,42	0,16	2,25	1,15	0,50
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>0</sub>	1,51	0,17	2,28	1,33	0,53
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>1</sub>	1,69	0,18	2,50	1,02	0,45
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	1,46	0,18	2,14	1,09	0,49
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	0,97	0,13	1,61	0,96	0,33
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>0</sub>	0,89	0,10	1,32	0,97	0,37
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>1</sub>	1,49	0,19	2,35	1,34	0,54
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>2</sub>	1,48	0,18	2,42	1,31	0,51
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>3</sub>	1,40	0,19	2,36	1,04	0,50

N<sub>1</sub> = básica de 50 g planta<sup>-1</sup>, P<sub>0</sub> y K<sub>0</sub> = 0 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>1</sub> y K<sub>1</sub> = 45 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub> y K<sub>2</sub> = 90 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>3</sub> y K<sub>3</sub> = 135 g árbol<sup>-1</sup>

Al comparar el nivel nutricional de planta encontrados con los criterios de interpretación señalados por Malavolta citado por Chepote *et al.* (2005) para plantas en etapa de producción, se encontró lo siguiente: inicialmente, los nutrientes (P, K, Mg, N) -excepto el calcio- presentaron niveles por debajo de los señalados por Malavolta citado por Chepote *et al.* (2005). Es decir, valores bajos desde el punto de vista nutricional, para plantas de cacao.

Después del 1<sup>er</sup> año de haber aplicado la fertilización inorgánica, los niveles de P, Ca y Mg fueron superiores a los de referencia, es decir, estos nutrientes se encontraron en niveles adecuados –desde el punto de vista nutricional– reflejando un efecto positivo de la fertilización –principalmente fosfatada–. Pero el potasio, presentó valores inferiores a los niveles críticos de referencia utilizados. Mientras que en el segundo año los niveles de N, P, K y Mg permanecieron por debajo de los niveles críticos en casi todos los tratamientos, superando el nivel crítico sólo en algunos casos muy particulares, independientemente del tratamiento evaluado, lo que pudiera indicar que procesos relacionados con el reciclaje de nutrientes, ciclos biogeoquímicos del (N, P, K y Ca) pudieran estar ocurriendo, lo cual es muy común en sistemas de producción con estructura similar a la del sitio experimental (hojarasca, sombras permanente y temporal, restos de cosecha, entre otros).

El incremento de potasio hasta (2,4%) correspondió con los tratamientos donde se aplicó las dosis más altas de fósforo y potasio (135 g de P árbol<sup>-1</sup> y 90 g de K árbol<sup>-1</sup>). Solamente el calcio fue superior en todos los tratamientos evaluados lo cual corresponde con los valores de este elemento en el suelo, el cual se encuentra alto (Cuadro 2).

#### Relación P suelo vs. P tejido

En la Figura 2, se presenta la variación del contenido de fósforo del suelo en función de las dosis aplicadas, incrementándose a medida que se aumentó las aplicaciones de este elemento, alcanzándose valores mayores de 25 mg kg<sup>-1</sup> con las dosis de 90 y 135 g planta<sup>-1</sup>, los cuales se consideran altos.

#### Efecto de la fertilización fosfatada sobre la colonización del hongo micorrizico

El número de esporas se redujo significativamente por efecto de la dosis de fósforo. La reducción de esporas fue de 11, 32 y 39% con 45, 90 y 135 g/pote de P, respectivamente (Figura 3), encontrándose un efecto estadísticamente significativo entre la dosis de P utilizada y el N° de esporas de HM. Esto se reflejó en una correlación negativa entre el P-disponible y el número de esporas de HM presentes en la zona rizosférica (Figura 4).

Resultados coincidentes con los encontrados por Azizah y Ragu (1996), quienes encontraron que la aplicación de fósforo influyó considerablemente el desarrollo de las micorrizas, en suelos deficientes en P, consiguiendo un incremento en el porcentaje de colonización de las raíces cuando se aplicó dosis bajas de fósforo y una reducción en la colonización al incrementar la dosis de P.

Estos resultados indican la necesidad de revisar los criterios utilizados (estado nutricional del cultivo y la disponibilidad de nutrientes del suelo, principalmente) al desarrollar los instructivos de fertilización implementadas en los laboratorios de servicio de análisis de suelo con fines de fertilidad.

Es preciso, visualizar la fertilidad del suelo en forma integral, abordando y valorando los componentes, físicos, químicos y biológicos e integrando estos con el estado nutricional y la productividad del cultivo, la subestimación del componente biológico del suelo y su importante papel en sistemas de producción cacao, generaría mayor dependencia de insumos externos, afectando la diversidad y actividad biológica y por ende aumentos en los costos de producción.

La estructura del sistema de producción cacao, promueve el reciclaje de nutrientes producto de la MO proveniente de los restos de cosecha del fruto, hojarasca de árboles del propio cultivo, de sombra temporal y permanente, tallos entre otros materiales generados dentro del sistema de producción, lo cual favorece la activación de procesos biológicos, como la simbiosis micorriza que ocurre entre los hongos del género glomales y las raíces de especies micótrofas como el *Teobroma cacao*.

Estos criterios fueron considerados para el desarrollo de nuevos instructivos de fertilización para cacao, tomando en cuenta las características de plantas de sombras temporal y permanente para definir las dosis básicas de nitrógeno y el efecto de la fertilización fosfatada sobre el desarrollo de esporas de HM, producto de los resultados de investigación de este proyecto se generaron instructivos para cacao, los cuales se encuentran compilados en el Manual de Alternativas de Recomendaciones de Fertilizantes para Cultivos Prioritarios en Venezuela (INIA, 2004).

Por tanto, en el país deben continuarse estos estudios, ya que actualmente se promueve el uso de altas dosis de fertilizantes principalmente fosfatados, pudiendo afectar comunidades de HMA, aumentar la dependencia externa del agrosistema en detrimento de poblaciones nativas de microorganismos que contribuyen a la sostenibilidad del SP cacao en Venezuela.

**CUADRO 8.** Concentración de nutrientes en el tejido de plantas de cacao después del 1<sup>er</sup> año de la fertilización.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>0</sub>	1,13	0,22	1,44	3,25	0,93
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>1</sub>	1,09	0,24	1,62	2,62	0,66
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>2</sub>	1,41	0,43	1,61	2,30	0,57
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>3</sub>	1,20	0,29	1,26	3,06	0,69
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>0</sub>	1,18	0,28	1,62	2,69	0,76
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>1</sub>	1,28	0,28	1,82	2,38	0,65
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>2</sub>	1,35	0,32	1,39	3,83	0,92
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>3</sub>	1,55	0,31	1,46	3,05	0,75
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>0</sub>	1,75	0,31	1,65	3,78	0,88
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>1</sub>	1,55	0,34	1,64	2,71	0,71
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	1,38	0,39	1,43	2,84	0,65
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	1,03	0,22	1,29	2,63	0,64
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>0</sub>	1,13	0,38	1,26	2,47	0,66
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>1</sub>	1,32	0,30	1,49	3,11	0,73
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>2</sub>	1,30	0,31	1,87	2,75	0,72
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>3</sub>	1,17	0,31	1,51	2,81	0,73

N<sub>1</sub> = básica de 50 g planta<sup>-1</sup>, P<sub>0</sub> y K<sub>0</sub> = 0 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>1</sub> y K<sub>1</sub> = 45 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub> y K<sub>2</sub> = 90 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>3</sub> y K<sub>3</sub> = 135 g árbol<sup>-1</sup>.

**CUADRO 9.** Concentración de nutrientes en el tejido de plantas de cacao después del 2<sup>er</sup> año de la fertilización.

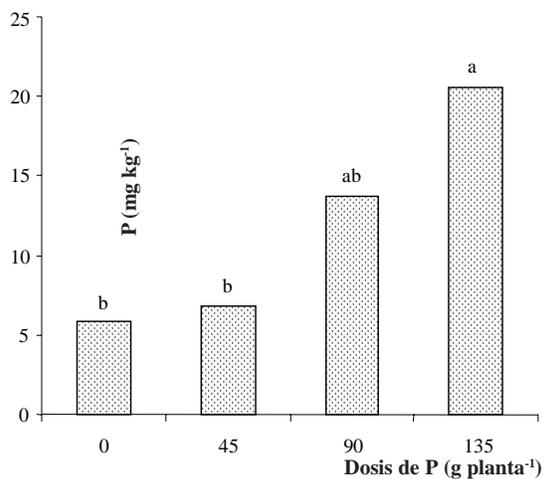
Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>0</sub>	1,48	0,17	1,91	1,50	0,58
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>1</sub>	1,60	0,17	2,35	1,03	0,47
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>2</sub>	1,57	0,15	2,20	1,54	0,46
N <sub>1</sub> - P <sub>0</sub> - K <sub>3</sub>	1,42	0,16	2,07	1,41	0,57
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>0</sub>	1,56	0,18	2,24	1,28	0,52
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>1</sub>	1,69	0,17	2,21	1,29	0,58
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>2</sub>	1,44	0,17	2,43	1,05	0,52
N <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> - K <sub>3</sub>	1,43	0,16	2,25	1,16	0,51
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>0</sub>	1,51	0,17	2,28	1,33	0,53
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>1</sub>	1,69	0,19	2,51	1,03	0,46
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>2</sub>	1,46	0,18	2,15	1,10	0,49
N <sub>1</sub> - P <sub>2</sub> - K <sub>3</sub>	0,97	0,13	1,61	0,96	0,33
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>0</sub>	0,89	0,11	1,32	0,97	0,37
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>1</sub>	1,50	0,19	2,35	1,34	0,54
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>2</sub>	1,49	0,18	2,43	1,31	0,51
N <sub>1</sub> - P <sub>3</sub> - K <sub>3</sub>	1,41	0,19	2,36	1,05	0,50

N<sub>1</sub> = básica de 50 g planta<sup>-1</sup>, P<sub>0</sub> y K<sub>0</sub> = 0 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>1</sub> y K<sub>1</sub> = 45 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub> y K<sub>2</sub> = 90 g árbol<sup>-1</sup>, P<sub>3</sub> y K<sub>3</sub> = 135 g árbol<sup>-1</sup>.

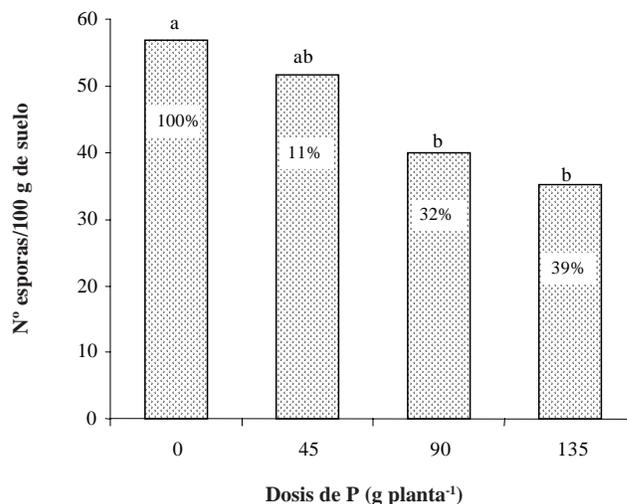
**CUADRO 10.** Análisis de varianza de las concentraciones de macronutrientos en la planta en los diferentes muestreos.

Variables(%)	Causas de Variación							
	Año 1		Año 2					
	Trat (M1)	Trat (M2)	Trat (M1)	Trat (M2)	Trat (M3)	Trat (M4)	Trat (M5)	Trat (M6)
N	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	*
P	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
K	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Ca	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Mg	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

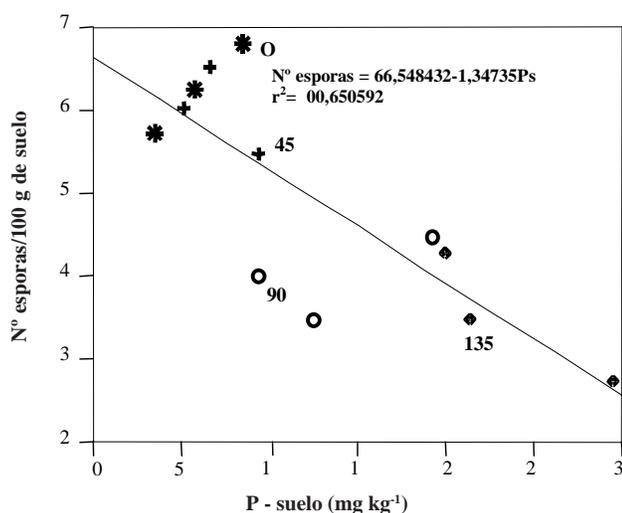
N. S. = no significativo, \* = 5%. Prueba de Medias Tukey,  $P \leq 0,05$ .



**FIGURA 2.** Fósforo disponible con respecto a la dosis aplicada por planta. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).



**FIGURA 3.** Reducción porcentual del Nº de esporas de HMA por efecto de la dosis de fósforo en un SP-cacao. Choróní. 2<sup>do</sup> año. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).



**FIGURA 4.** Correlación negativa entre el N° de esporas/100 gramos de suelo y el contenido de P-disponible en el suelo.

### CONCLUSIONES

- Baja disponibilidad del P en el suelo en el sistema de producción evaluado no afectó el nivel nutricional del cultivo, indicando que la planta pudiera estar recibiendo nutrientes a través de otros procesos y mecanismos presentes en la rizósfera del cultivo.
- El contenido de fósforo disponible afecta el número de esporas de hongos MA en los sistemas de producción de cacao, ocurriendo disminución del número de esporas al incrementarse las dosis de P.
- El uso indiscriminado de fertilizantes fosfatados en sistemas de producción de cacao, podría crear dependencia de insumos externos en detrimento de los procesos biológicos naturales como la simbiosis micorrízica.
- Se observó incremento significativo del fósforo disponible del suelo en función de las dosis de fósforo utilizadas, no encontrándose diferencia estadísticas con el resto de los nutrientes.
- Los resultados obtenidos demuestran que la sustentabilidad de los sistemas de producción de cacao, depende del uso de prácticas de manejo que garanticen la biodiversidad biológica características de estos agrosistemas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, el desarrollo de instructivos de fertilización para el sistema de producción de cacao debe considerar -además de la disponibilidad de nutrientes y el estado nutricional

del cultivo- otros criterios tales como la biota del suelo, tipo y características de plantaciones de sombra temporal y permanente presentes en el sistema de producción.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al productor: Vicente Fuentes, propietario de la unidad de producción: Los Torres, por su valiosa contribución y amistad brindada durante el desarrollo experimental. Los resultados forman parte del proyecto: Manejo de los sistemas de Producción Cacaotero del estado Aragua, código: 02-270-04002-010. Se agradece la cooperación y apoyo logístico del investigador Ramón Vidal, coordinador del proyecto.

### BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, S. y B. Rodríguez. 1998. Compendio de Instrumentos de fertilización del CENIAP-FONAIAP-CENIAP. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay (Venezuela). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 63 p.
- Azizah Chulan (Hashim) and P. Ragu. 1986. Groth response of *Theobroma cacao* L. seedlings to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 96: 279-285.
- Avilán, L. y F. Leal. 1991. El Comercio mundial de frutales y las perspectivas de la fruticultura nacional. FONAIAP. 36 p. (Serie C Nº 41).
- Cuenca, G., R. Herrera and E. Meneses. 1990. Effects of VA mycorrhiza on the growth of cacao seedlings under nursery conditions in Venezuela. *Plant and Soil*. 126:71-78.
- Cuenca, G. and E. Meneses. 1996. Diversity patterns of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cacao in Venezuela. *Plant and Soil*. 183:415-322.
- Chepote R., E., G. Andrades, E. Lopes R., R. Gama Paheco, P. C. Lima Marrocos, M. H. De C. F. Merodio e R. R. Valle. 2005. Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacauero no Sul Da Bahia 2ª Aproximação. Ilheus, CEPLAC/CEPEC. 36 p.
- Gilabert De Brito, J., I. López De Rojas y R. Roberti. 1990. Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. **In:** Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP-CENIAP. Maracay. Cap.4.1-5.1 (Serie. D.Nº 26).

- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980 An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular- Arbuscular Infection in Roots. *New Phytology*. 84:489-500.
- Harrier, L. A. and C. A. Watson. 2003. The role of fungi in sustainable cropping systems. *Advance in Agronomy*. 79:186-225.
- López de R., I., N. Alfonzo, N. Gómez, M. Navas y P. Yáñez. 2004. Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Ministerio de Ciencia y Tecnología. INIA. Gerencia de Investigación, Programa de Tecnología Agropecuaria. Maracay, Venezuela. 263 p.
- López, Marisol, M. España, A. Izquierdo, I. López De Rojas, L. Herrera y S. Canache. 2000. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la productividad y calidad del cacao y de las micorrizas vesícula arbuscular. Informe de proyecto "Manejo de los sistemas de producción cacaoteros del estado Aragua. Mimeografiado 7 p.
- Machado, M., P. Abala-rosand e M. Serodio. 1990. Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. *Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)*. *Agrotropica* 2(2):68-74.
- Molina M., C. A. 1989. Manual técnico del cultivo de cacao en Venezuela. Fondo Nacional del Cacao. FONAIAP. Estación Experimental Miranda. 112 p.
- Ovalles, F. y J. Comerma. 1991. Metodología para la selección y caracterización de sitios experimentales agropecuarios. Maracay, Venezuela. FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuario. Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales. Departamento de Evaluación de Tierras. 44 p. ( Serie B. N° 18-2).
- Petróleos de Venezuela, S. A. Caracas (Venezuela). PALMAVEN S.A. Departamento de asistencia técnica. 1992. Fertilización de cacao. Ediciones PALMAVEN S.A. Serie A. Cultivos. S/N. 6 p.
- Ramos, G., P. Ramos y A. Azócar. 2000. Manual del productor de cacao. Producciones Karol. Mérida, Venezuela. p. 27-28.
- Sánchez A., J. 2000. Los rubros bandera como estrategia para el relanzamiento de la agricultura (planes y políticas). Mimeografiado. 17 p.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular micorrizas management in tropical agrosystems. GTZ, Eschborn, Germany.
- Siquiera, J. O., A. Colozzi-Filho y E. Oliveira. 1989. Ocorrência de micorrizas vesiculo-arbusculares em agro e ecossistemas naturais do estado do Minas Gerais. *Pesqui. Agropec. Brras*. 24.
- Suárez, C. C. 1987. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo (Ecuador). 1987. Manual de cultivo del cacao. Quevedo (Ecuador), 1987. 109 p.
- Uribe, A., H. Méndez y J. Mancilla. 2000. Efecto de la niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en Colombia. *IMPOFOS. Informaciones Agronómicas* 41:4-7.
- Young, C. C., T. C. Juang and H. Gao. 1986. The effect of inoculation with vesicular-arbuscular michoriizal fungi on soybean yield and universal phosphorus utilization in sub-tropical-tropical soils. *Plant and soil* 95:245-253.

# EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE SUBESPECIES DE ARROZ USANDO MARCADORES MICROSATÉLITALES Y AFLP<sup>1</sup>

## EVALUATION OF GENETIC DIVERSITY IN RICE SUBSPECIES USING AFLP AND MICROSATELLITE MARKERS<sup>1</sup>

Erika Arnao\*, Nohelia Rodríguez\*\*, Patricio Hinrinsen\*\*\*, Yorman Jayaro\*, Catalina Ramis\*\*\*\* e Iris Pérez-Almeida\*\*

<sup>1</sup> Trabajo financiado bajo el Proyecto BID-FONACIT II (Subproyecto N° 2004000369).

\* Investigadores. Fundación para la Investigación Agrícola DANAC, San Felipe, estado Yaracuy. \*\* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Av. Universidad, vía El Limón. Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. \*\*\* Investigador. INIA), Estación La Platina, Chile.

\*\*\*\* Profesora. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Centro de Investigaciones en Biotecnología Agrícola.

### RESUMEN

Los marcadores moleculares representan una herramienta poderosa en la evaluación de la diversidad genética y en la determinación de identidad, especialmente en variedades de base genética estrecha como el arroz. El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad genética de las subespecies de arroz Indica y Japónica, mediante el uso de marcadores microsatélite y AFLP. Para ello, se evaluaron 12 variedades de arroz venezolanas y 12 variedades chilenas pertenecientes a las subespecies Indica y Japonica, respectivamente, con 13 marcadores microsatélites (SSR) y 5 combinaciones de primers AFLP. La presencia (1) y ausencia (0) de bandas para cada SSR y combinación de primers AFLP fue registrada para cada individuo y luego convertidos a matrices de similitud y distancia genética para los SSR y AFLP, respectivamente, a partir de la cual se construyó un cluster por el método UPGMA y se realizó el análisis de coordenadas principales. Con los 13 SSR se obtuvo un total de 70 alelos, siendo el promedio de 5,64 alelos por locus, y el contenido de información polimórfica de 0,60. Mientras que, con las 5 combinaciones de AFLP se generaron 82 bandas, de las cuales 43 (51,8%) resultaron polimórficas. Ambos métodos de agrupamiento clasificaron las variedades en 2 grupos: el primero correspondió a las variedades de la subespecie Japónica (chilenas) y el segundo a la Indica (venezolanas). El grupo Japónica mostró menor diversidad genética que el grupo de Indica, y en general todas las variedades pudieron ser distinguidas. Los resultados sugieren que un pequeño número de marcadores genera suficiente información para estimar diversidad genética entre subespecies de arroz e identificar variedades.

**Palabras Clave:** AFLP; microsatélite; *Oryza sativa* L.; diversidad genética.

### SUMMARY

Molecular markers represent a powerful tool for genetic diversity assessment and identity determination especially in genetic narrow based rice varieties. This study aimed to assess the genetic diversity of Indica and Japonica rice subspecies using SSR molecular markers and AFLPs. We evaluated 12 rice Venezuelan varieties (Indica) and 12 Chilean varieties (Japonica) with 13 microsatellite markers (SSR) and four AFLP primer combinations. Presence (1) and absence (0) of bands for each microsatellite (SSR) and AFLP primer combination were scored for each variety, and then converted into similarity and distance genetic matrix for SSR and AFLP, respectively, to construct a cluster by the UPGMA method. Also a Principal Component Analysis was performed. A total of 70 alleles were obtained from the 13 SSRs, with an average of 5,64 alleles per locus, and a polymorphic information content of 0,60. A total of 82 bands were generated from four AFLPs combinations, from which 43 (51,8%) resulted polymorphic. Both grouping methods classified the varieties in two groups: first one corresponded to the Japonica subspecies varieties (Chilean) and the second to the indica subspecies varieties (Venezuelan). Japonica group showed a higher genetic diversity than the Indica group, and in general all varieties could be differentiated. Our results suggest that a small number of markers can generate enough amount of information useful to estimate genetic diversity between rice subspecies and to identify varieties.

**Key Words:** AFLPs; microsatellites; *Oryza sativa* L.; genetic diversity.

## INTRODUCCIÓN

La colección mundial de germoplasma de arroz silvestre y cultivado ha hecho una gran contribución en el mejoramiento de este cultivo. La especie de arroz, *Oryza sativa* esta compuesta por dos subespecies: Indica y Japónica (Oka, 1998). Indica es una subespecie predominantemente tropical, y Japónica constituye una subespecie de tipo tropical y templado, ampliamente sembrada al este de Asia, norte y sur de América, Australia, Norte mediterráneo de África y Europa, representando alrededor del 20% de la producción mundial de arroz (Mackill, 1995).

El cruce entre diferentes subespecies frecuentemente resulta en problemas de esterilidad en los híbridos y sus progenies, ruptura de los bloques de ligamiento y de combinaciones de genes favorables, y arrastre genético (Ikehashi y Araki, 1986). La reducida recombinación y la distorsión en la segregación resultante de hibridaciones amplias pueden ocasionar dificultad en la selección de recombinantes deseables durante el proceso de mejoramiento, por ello los mejoradores generalmente usan líneas dentro de la misma subespecie o grupo para realizar los cruces.

Gracias al uso de la biotecnología se han abierto mucho más las posibilidades de realizar cruces intra e interespecíficos, y con los marcadores moleculares muchas de las dificultades mencionadas para la hibridación han sido solucionadas. Sin embargo, para la aplicación de selección asistida por marcadores moleculares dentro de una subespecie es importante obtener información de la diversidad genética dentro de las subespecies de arroz (Temnykh *et al.*, 2000). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad genética de las subespecies de arroz Indica y Japónica, mediante el uso de marcadores moleculares del tipo microsatélite y AFLP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Vegetal

Se utilizaron 12 variedades de arroz venezolanas pertenecientes a la subespecie Indica y 12 variedades de arroz chilenas subespecie Japónica (Cuadro 1). La evaluación molecular de los 24 materiales con los marcadores SSR y AFLP se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del INIA-Chile y en el Laboratorio de Biología Molecular de Fundación DANAC.

### Extracción del ADN

Se realizó siguiendo la metodología de extracción con CTAB (2%) descrita por Dellaporta *et al.* (1983) con

modificaciones menores. La calidad y cantidad del ADN se verificó en geles de agarosa al 0,8% utilizando como referencia ADN del bacteriófago Lambda. La concentración de ADN se ajustó a 25 ng  $\mu\text{l}^{-1}$  con agua ultrapura.

**CUADRO 1.** Variedades de arroz de Chile y Venezuela correspondientes a las subespecies Japónica e Indica, respectivamente.

Variedades chilenas (Japónica)	Variedades venezolanas (Indica)
1. Cristal	13. D-Oryza
2. Oro	14. D-Sativa
3. Quita	15. D-Primera
4. CINIA 609	16. Araure 4
5. CINIA 606	17. Cimarrón
6. CINIA 242	18. Fundarroz PN-1
7. CINIA 669	19. Fonaiaip 1
8. Brillante	20. Fonaiaip 2000
9. Buli	21. Araure 50
10. Perla	22. Palmar
11. Diamante	23. Araure 1
12. Turson	24. Venezuela 21

### Evaluación de los SSR

En los 24 materiales de arroz se evaluaron 13 marcadores microsatélites, distribuidos en 11 de los 12 cromosomas del arroz, denominados: RM222, RM541, RM144, RM219, RM551, RM547, RM440, RM11, RM185, RM336, RM415, RM545, RM580. La amplificación del ADN vía reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó en un volumen final de 20  $\mu\text{l}$  usando: 2  $\mu\text{l}$  ADN, 2  $\mu\text{l}$  de buffer (10x), 2  $\mu\text{l}$   $\text{MgCl}_2$  (25 mM), 1,3  $\mu\text{l}$  de dNTPs (2,5 mM), 2  $\mu\text{l}$  Primer R y F (5 mM) y 0,5  $\mu\text{l}$  de *Taq* polimerasa.

Los perfiles de temperatura fueron los siguientes: 94 °C por 5 min, seguido por 34 ciclos a 94 °C por 45 seg; 56 °C por 2 min y 72 °C por 15 seg. Finalmente un ciclo de extensión final a 72 °C por 5 min. Los productos amplificados fueron separados por electroforesis en geles de poliacrilamida al 6% y teñidos con nitrato de plata usando el kit Promega (SILVER SEQUENCE™).

## Evaluación de los AFLP

El análisis con marcadores AFLP se desarrolló según el protocolo de Vos *et al.* (1995) con pocas modificaciones y constó de los siguientes pasos: digestión del ADN, ligación de los adaptadores, amplificación preselectiva, amplificación selectiva y separación de los fragmentos. Para la digestión del ADN genómico se usó la combinación de las endonucleasas de restricción *EcoRI/MseI*.

Los primers usados para la amplificación preselectiva tenían las siguientes secuencias: *EcoRI* + n: 5' GACTGC GTA CCA ATT C 3' y *MseI* + n: 5' GAT GAG TCC TGA GTA A 3' y los perfiles de temperatura para la amplificación fueron los siguientes: 94 °C por 2 min seguido de 20 ciclos repetitivos de 94 °C por 30 seg, 55 °C por 1 min y 72 °C por 1 min con una extensión final de 75 °C por 5 min. Los productos amplificados fueron diluidos 1/100 para realizar la amplificación selectiva.

En el caso de la amplificación selectiva se usaron 5 combinaciones de primers los cuales tenían la misma secuencia que los usados para la amplificación preselectiva más 3 nucleótidos selectivos: E: AAC y M: GAT; E: AAC y M: GAC; E: ATC y M: GCA; E: AAC y M: GAC y E: AAT y M: GCA. Los perfiles de temperatura en este paso fueron los siguientes: 94 °C por 4 min seguido de 12 ciclos de 94 °C por 30 seg, 65 °C por 30 seg (disminuyendo 0,7 °C por ciclo hasta llegar a 56 °C) y 72 °C por 1 min. Luego 26 ciclos de 94 °C por 30 seg, 56 °C por 30 seg y 72 °C por 1 min. Finalizando con una extensión de 72 °C por 5 min. La separación de los fragmentos y tinción fue similar a la realizada para los SSR.

## Análisis estadístico

Las bandas polimórficas para los marcadores SSR y AFLP fueron genotipadas manualmente como un código binario con "1" para presencia y "0" para ausencia. Las bandas monomórficas no fueron consideradas. Las asociaciones entre las subespecies (Indica y Japónica) fueron evaluadas usando los coeficientes de similitud de Dice y de distancia genética de Nei para los AFLP y SSR, respectivamente. Las matrices fueron sujetas al análisis de cluster empleando el método de agrupamiento por pares no ponderadas usando la media aritmética (UPGMA) proporcionado por el programa NTSYSpc, versión 2,1 (Exeter Software Co., New York).

En el caso de los microsatélites se realizó también el análisis de coordenadas principales, se contabilizó el número de alelos para cada marcador y se determinó el contenido de información polimórfica (PIC) usando la fórmula  $1 - \sum p_i^2$ , donde  $p_i$  corresponde a la frecuencia alélica (Powell *et al.*, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

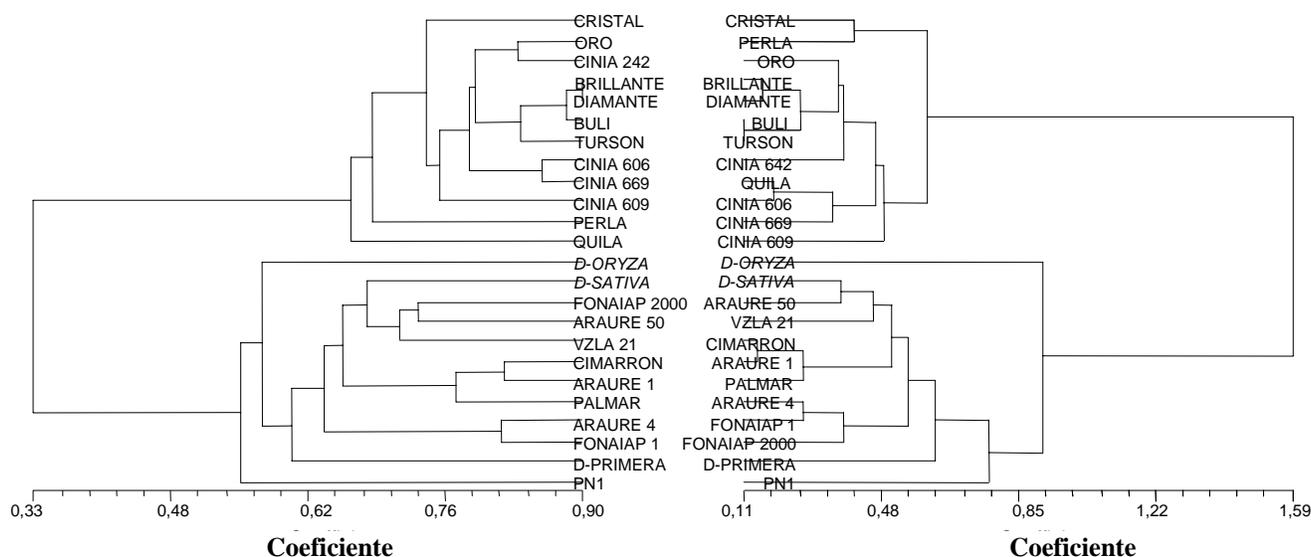
Los 13 SSR generaron un total de 70 alelos, siendo el promedio de 5,64 alelos por locus, y el contenido de información polimórfica de 0,60 (Cuadro 2). Por su parte, las 5 combinaciones de AFLP se generaron 82 bandas, de las cuales 43 (51,8%) resultaron polimórficas.

**CUADRO 2.** SSR evaluados en los materiales de arroz: nombre, ubicación en el cromosoma, alelos obtenidos y contenido de información polimórfica (PIC).

Nº	Primer	Cromosoma	Alelos	Genotipos	PIC
1	RM 580	1	5	24	0,71
2	RM 545	3	3	24	0,56
3	RM 185	4	1	24	0
4	RM 551	4	7	24	0,75
5	RM 440	5	8	23	0,84
6	RM 541	6	7	20	0,81
7	RM 11	7	3	24	0,7
8	RM 336	7	9	24	0,8
9	RM 547	8	6	22	0,71
10	RM 219	9	4	24	0,58
11	RM 222	10	5	24	0,56
12	RM 144	11	13	22	0,89
13	RM 415	12	1	24	0
Total			72		
Promedio			5,53		0,60

Con ambos marcadores moleculares (SSR y AFLP) se obtuvo suficiente polimorfismo para diferenciar claramente las dos subespecies. La Figura 1 muestra los dendrogramas obtenidos con ambos tipos de marcadores y la Figura 2 el gráfico de coordenadas principales para los SSR. En ambas figuras se aprecia una clara diferenciación de las variedades en dos grupos, correspondientes a cada una de las subespecies.

En el dendrograma generado con la distancia genética de Nei se aprecia que la máxima distancia entre las variedades Japónica es de aproximadamente 0,57, mientras que para las variedades Indica este valor es cercano a 0,90, lo cual indica una mayor diversidad dentro de las variedades de esta última subespecie. Este hecho coincide con estudios previos (Mackill *et al.*, 1995; Zhang *et al.*, 1992). Aguirre *et al.* (2005), hacen referencia a la alta homogeneidad genética de las variedades chilenas de arroz, debido a un reducido número de progenitores (5 a 6) con un amplio aporte en el genoma de las mismas.



**FIGURA 1.** Dendrogramas obtenidos con los marcadores AFLP y SSR, utilizando el coeficiente de similitud de Dice y de distancia genética de Nei, respectivamente.

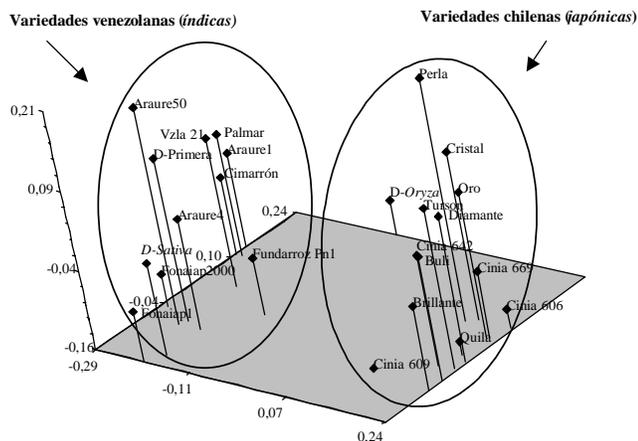
Las variedades Indica liberadas en Venezuela presentan una mayor diversidad respecto al número de progenitores que intervienen en su constitución. El Cuadro 3 presenta los progenitores con un aporte mayor al 3% del genoma de algunas de las variedades incluidas en el estudio, elaborado a partir de la genealogía de las variedades obtenidas en la base de datos International Rice Information System, IRIS (IRRI, 2006). Aún cuando la mayor parte de los progenitores provienen de Asia, parecen aportar una mayor diversidad, tal como le reflejan las Figuras 1 y 2.

En el dendrograma generado a partir del coeficiente de similitud de Nei puede apreciarse que 2 grupos de variedades conformados por Araure 4 y Fonaiaip 1 en uno, y Cimarrón, Araure 1 y Palmar en otro, muestran las mayores similitudes. Este grupo de variedades, se caracteriza por recibir un aporte importante de los progenitores Cina, Latisail y Dee Geo Woo Gen, el cual supera en conjunto el 25% de la constitución genómica de dichas variedades (Cuadro 3).

Este aporte se debe a que dichas variedades son a su vez progenitoras de IR8, cultivar emblema de la revolución verde que fue ampliamente utilizado en cruza-mientos a escala mundial, luego de su impacto a partir de la década de 1970.

La variedad Fundarroz PN1 posee un menor aporte de estos progenitores (Cuadro 3), lo cual pudiese ser una causa de su menor similitud respecto al resto de las variedades. Este hecho pareciera ser un indicio de que las variedades tradicionales venezolanas o con mayor tiempo en el mercado poseen un considerable aporte de los progenitores de IR8, mientras que variedades más recientes pudiesen haber disminuido la contribución de esta fuente, debido a la incorporación de nuevos proge-nitores. No obstante, son necesarios estudios de la genealogía de las variedades recientes para confirmar este hecho.

Dos marcadores SSR resultaron ideales para dife-renciar las 2 subespecies, ya que los cultivares Indica presentaron alelos que estaban ausentes en los culti-vares Japónicas y viceversa.



**FIGURA 2.** Coordenadas principales obtenidas con los 13 marcadores microsátélites. El círculo de la izquierda corresponde a las variedades Indica (venezolanas) y el círculo de la derecha a las variedades Japónica (chilenas).

**CUADRO 3.** Aporte de los principales progenitores a algunas variedades de arroz Indica.

Progenitores	Cimarrón	Araure 1	Palmar	Araure 4	Fonaiap 1	Fundarroz PN1	Origen
Cina	16,41	6,25	10,94	17,19	7,42	5,91	Indonesia
Latisail	16,41	6,25	10,94	20,31	7,42	6,10	India
Dee Geo Woo Gen	9,38	12,50	14,06	14,06	12,50	9,86	Taiwan
Tadukan	18,75	–	12,50	12,50	–	3,52	Filipinas
Ai Jiao Gen	12,50	–	–	–	–	–	Taiwan
TKM6	6,25	–	–	–	–	–	India
IR 1737	6,25	–	–	–	–	–	IRRI, Filipinas
IR 1561	6,25	–	–	–	–	–	IRRI, Filipinas
Gampai-15	6,25	–	–	–	–	–	Tailandia
IR 12	–	25,00	12,50	12,50	9,38	4,10	IRRI, Filipinas
Rexoro	–	6,25	–	–	–	–	Estados Unidos
Fortuna	–	6,25	–	–	–	–	?
Palmira 105	–	12,50	–	–	–	–	Costa Rica
Takao Iku 18	–	25,00	6,25	6,25	3,13	4,10	Taiwan
Tetep	–	–	6,25	6,25	6,25	–	Vietnam
Napal	–	–	6,25	6,25	3,13	4,10	?
Syntha	–	–	12,50	–	–	–	?
Tangkai Rotan	–	–	6,25	–	–	–	Malasia
Bayang	–	–	–	3,13	–	–	Indonesia
SML 80-5	–	–	–	–	12,50	–	Surinam
SML 81-A	–	–	–	–	12,50	–	Surinam
SML 1010	–	–	–	–	12,50	–	Surinam
Apura	–	–	–	–	6,25	–	Surinam
B5580A	–	–	–	–	–	3,13	Estados Unidos
Tox 494	–	–	–	–	–	6,25	Nigeria
Suakoko	–	–	–	–	–	3,13	Liberia

**Nota:** Los aportes de cada progenitor se presentan en porcentajes. Se muestran en la tabla sólo aquellos progenitores con un aporte mayor al 3 % del genoma de las variedades.

El marcador RM222 presentó 5 alelos en los 24 materiales de arroz de los cuales uno estuvo presente en todos los Japónica y ausentes en los Indica. Con el marcador RM219 se visualizaron 5 alelos, de los cuales 2 fueron exclusivos de las variedades Japónica y dos de las Indica.

Algunos de los SSR presentaron alelos únicos que permitieron la identificación de variedades. Por ejemplo, los alelos 4 y 5 del SSR 222 diferenciaron las variedades Cimarrón y Fonaiap 2000, respectivamente.

El Cuadro 4 muestra la información de los alelos de algunos SSR que fueron específicos para algunas de las variedades.

En el caso de los AFLP sólo las combinaciones de primers selectivos: E: AAC y M: GAT, y E: AAT y M: GCA presentaron alelos diferenciales para las subespecies. Ninguna de las combinaciones presentó alelos únicos para las variedades.

**CUADRO 4.** SSR evaluados en los materiales de arroz que presentaron alelos únicos para la identificación de variedades.

Marcador	Alelo	Pb	Variedad
RM222	Alelo 4	235	Cimarrón
	Alelo 5	240	Fonaiap 2000
RM551	Alelo 2	248	Oro
	Alelo 5	230	Diamante
RM547	Alelo 7	245	D-Primera
	Alelo 5	173	Perla
RM219	Alelo 5	254	Fundarroz-PN1
	Alelo 6	250	D-Primera
RM440	Alelo 5	145	PN1
	Alelo 7	130	D-Primera
RM336	Alelo 3	200	Quila
	Alelo 7	245	D-Primera
	Alelo 8	140	Araure 50
RM580	Alelo 3	210	D-Oryza

**BIBLIOGRAFÍA**

- Aguirre, C., R. Alvarado y P. Hinrichsen. 2005. Identificación de cultivares y líneas de mejoramiento de arroz de Chile mediante amplificación de fragmentos polimórficos (AFLP). *Agricultura Técnica (Chile)* 65(4):356-369.
- Dellaporta, S., T. Wood and T. Hicks. 1983. A plant DNA miniprep: version ii. *Plant Mol. Rep.* 1:19-21
- Ikehashi H., and H. H. Araki. 1986. Genetics of F1 sterility in rice. **In:** *Rice genetics*. International Rice Research Institute, los Baños, The Philippines. p. 119-132
- International Rice Research Institute. (Revisado 29 noviembre 2006). International Rice Information System IRIS [En línea] <http://www.iris.irri.org/>
- Mackill, D. J. 1995. Classifying japonica rice cultivars with RAPD markers. *Crop Sci.* 35:889-894.
- Oka, H. I. 1988. Origin of cultivated rice. Elsevier, Tokyo.
- Powell, W., M. Morgante, C. Andre, M. Hanafey, J. Vogel, S. Tingey and A. Fafalski. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol. Breeding* 2:225-238.
- Temnykh, S., W. D. Park, N. Ayres, S. Cartinhour, N. Hauck, L. Lipovich, Y. G. Cho, T. Ishii and S. R. Mccouch. 2000. Mapping and one organization of microsatellite sequences in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 100:697-712.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. Van De Lee, M. Hornes, A. Fritjers, J. Pot, J. Peleman, M. Kuiper and M. Zabeau. 1995. AFLP: a new concept to ADN fingerprintin. *Nucleic Acids Res.* 23:4 407-4 414.
- Zhang, Q. F., M. A. S. Maroof, T. Y. Lu and B. Z. Shen. 1992. Genetic diversity and differentiation of Indica and Japonica rice detected by RFLP analysis. *Theor. Appl. Genet.* 83:495-499.

**EVALUACIÓN DE LA FORMA DE COPA Y EL ASERRADO DE LAS RAMAS EN HADEN, TOMMY ATKINS, EDWARD Y KENT, SOBRE LOS RENDIMIENTOS Y LA EFICIENCIA PRODUCTIVA. CICLOS 2000 AL 2003**

**EVALUATION OF THE FORM OF GLASS AND THE SAWED ONE OF THE BRANCHES IN HADEN, TOMMY ATKINS, EDWARD AND KENT, ON THE YIELDS AND THE PRODUCTIVE EFFICIENCY. CYCLES 2000 TO THE 2003**

**Luis Avilán\*, Enio Soto\*, Mercedes Pérez\*, Carlos Marín R.\*, Margot Rodríguez\*\* y José Ruiz\*\***

\*Investigadores y \*\*Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

**RESUMEN**

En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) se realizó un ensayo durante 3 ciclos anuales de producción (CAP) comprendidos entre 2000 y el 2003, con árboles de mango *Mangifera indica* L. en período de crecimiento. Se evaluó el efecto de la copa Piramidal truncada (PT), Rectangular (R) y en libre crecimiento (T), con y sin aserrado (A) de las ramas principales sobre el desarrollo vegetativo y la producción de los cultivares Haden, Tommy Atkins, Edward y Kent, injertados en "criollo" y distanciados a 6 m entre si (278 plantas ha<sup>-1</sup>). Se empleó un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial (4x3x2) en el cual cada parcela experimental estuvo constituida por un árbol, con 4 repeticiones por cultivar. Los resultados correspondientes a los 3 CAP evidenciaron que a mayor remoción de follaje para la configuración de la copa (PT y R), mayor fue el incremento de volumen de copa, con reducción de la producción de frutos. El empleo del A tuvo un efecto contrario al esperado, promoviendo el desarrollo vegetativo. Los rendimientos (t ha<sup>-1</sup>) promedio para los 3 CAP fueron 22,7 en PT; 18,3 en R y 31,3 en T, los cuales superaron en 163% (R) y 206% (PT) respectivamente, las 11,0 t ha<sup>-1</sup>, alcanzadas en huertos de la misma edad (8 a 10 años) en el sistema tradicional (69 plantas ha<sup>-1</sup>). Referente a la eficiencia productiva, el tratamiento R ocupó la primera posición.

**Palabras Clave:** *Mangifera indica* L.; cultivar; copa; aserrado; rendimiento; eficiencia productiva

**SUMMARY**

In the National Center of Agricultural Research (INIA-CENIAP) a trial was carried out during 3 annual cycles of production (CP) between the years 2000 and 2003, in mango trees of Haden, Tommy Atkins, Edward and Kent cultivars, grafted in 'criollo' and planted 6m apart (278 plantas ha<sup>-1</sup>). The effect of the pyramidal truncated canopy (PT), rectangular canopy (R) and free growing canopy (T), with and without sawing (A) of the main branches was evaluated over the vegetative development and production periods. A complete randomized design was used in a factorial arrangement (4x3x2) where each plot was constituted by a tree, with four repetitions by cultivar. The results corresponding to the three CP revealed that with mayor removal of foliage for the configuration of the canopy (PT and R), there was a greater increase in canopy volume, with the reduction of fruit production. The use of A had an effect opposite as to what was expected, promoting vegetative development. The average yields (t ha<sup>-1</sup>) for the three cycles considering a density of 278 plantas ha<sup>-1</sup> were 22,7 in PT; 18,3 in R and 31,3 in T, which exceeded in 163% (R) and 206% (PT) respectively, the 11, t ha<sup>-1</sup> that orchards of the same age (8 to 10 years) reach in the traditional system (69 plantas ha<sup>-1</sup>). The productive efficiency of R occupied the first position.

**Key Words:** *Mangifera indica* L. canopy, sow, yield, productive efficiency.

## INTRODUCCIÓN

En los principales centros de producción del cultivo de mango, *Mangifera indica* L., a nivel mundial, la tendencia para mejorar la producción y la productividad es hacia el empleo de marcos de plantación más estrechos y el uso de nuevas técnicas orientadas a forzar la producción; y su implementación ha logrado incrementos significativos en el rendimiento sin afectar la calidad del fruto (Ram y Sirohi, 1991; Medina-Urrutia, 1994; Campbell y Wasielewski, 2000; Crane *et al.*, 1997; Galán, 1999).

En el país, Rojas (1998), en árboles de 'Haden' a los cuales cortó 80 a 100 cm de la porción terminal de todas las ramas y aplicó un retardante químico del crecimiento (Paclobutrazol) al suelo, determinó que este último revirtió parcialmente el efecto adverso de la poda severa sobre la floración. Avilán *et al.* (2005) en árboles establecidos en alta densidad de población (278 árboles ha<sup>-1</sup>) que tenían 6 años de edad y hasta que alcanzaron los 9 años, es decir durante el "período de crecimiento", evaluaron el efecto del empleo de la poda y el uso del retardador de crecimiento (Paclobutrazol) sobre los rendimientos y la eficiencia productiva. Los resultados mostraron incrementos altamente significativos, que superaron ampliamente las obtenidas en huertos de similar edad en el sistema tradicional de 69 plantas ha<sup>-1</sup>.

Con relación a la conformación de la copa a través de la poda para mejorar la eficiencia productiva, Stassen *et al.* (1999) determinaron para los cultivares Tommy Atkins y Sensation, plantados a 5 m x 2 m (1 000 árboles ha<sup>-1</sup>), que con el efecto de la copa piramidal es posible obtener producciones superiores a las 30 t ha<sup>-1</sup>, después del 7<sup>mo</sup> año. Avilán *et al.* (2003) al evaluar el efecto de la piramidal truncada (PT), rectangular (R) y en libre crecimiento (T), en árboles de 6 y 7 años de edad, determinaron que la eficiencia productiva de PT ocupó la primera posición y se diferenció significativamente de R y el testigo (T). Los rendimientos (t ha<sup>-1</sup>) promedios para los 2 ciclos de producción (CAP) fueron 19,29 en T; 14,72 en R y 11,97 en PT. Los rendimientos de PT y R superaron en 149% y 189%, respectivamente, los alcanzados en huertos de la misma edad que obtuvieron 7,5-8,5 t ha<sup>-1</sup>, en el sistema tradicional donde emplean 69 plantas ha<sup>-1</sup>.

Entre las técnicas, Núñez-Elisea y Davenport (1992): destacan que el anillado de las ramas favorece el inicio y la diferenciación floral así como reduce el desarrollo vegetativo. Sao José (1997) en Tommy Atkins con la aplicación del anillado a los 60-75 días antes de las aspersiones del nitrato de potasio, indujo altos porcentajes de floración, con una anticipación de 23 días en la época de cosecha y bajo crecimiento vegetativo con relación

al tratamiento testigo. Agustín y Almela (1991) señalan que el rayado o aserrado estimula la floración en cítricos; sin embargo, Avilán *et al.* (2003) en mango no tuvo efecto, promoviendo por el contrario el desarrollo vegetativo.

McCarty *et al.* (1969) en la búsqueda de mayor productividad de los huertos cítricos a través de las altas densidades de población establecieron las siguientes premisas: los conceptos de espacio y forma del árbol se deben descartar a favor de volumen de follaje capaz de producir frutos por unidad de área explotada; disposición de ese follaje para la producción más eficiente de frutas, y el espacio necesario entre bloques de follaje para realizar las labores culturales incluyendo por supuesto la cosecha.

En el trabajo se presenta la evaluación realizada durante 3 CAP comprendidos entre el año 2000 y 2003, del efecto del aserrado y la forma de copa PT, R y en T, sobre los rendimientos y la eficiencia productiva (EP), en cultivares de interés económico que difieren en su vigor vegetativo (VV) y perfil de copa, plantados en alta densidad de población (278 árboles ha<sup>-1</sup>) dentro del período de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los CAP 2000-2001, 2001-2002 y 2002-2003 se condujo un ensayo, desde los 8 y hasta los 10 años de edad (Período de crecimiento), en cultivares de interés comercial que difieren en el perfil de la copa y VV. El 'Haden' de copa circular y de alto vigor, 'Tommy Atkins' y 'Edward' de copa semicircular y vigor intermedio, y 'Kent' de copa rectangular y vigor intermedio, distanciados a 6 metros (278 árboles ha<sup>-1</sup>) para evaluar el efecto de la copa PT, R y en T, con y sin aserrado (A) sobre el desarrollo vegetativo y la producción de frutos. Este ensayo es una continuación del iniciado en 1999, el cual fue evaluado entre 6 y los 7 años de edad, es decir, en los inicios del período de crecimiento (Avilán *et al.*, 2003).

El ensayo estuvo ubicado en el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) localizado en la región centro norte del país (10°17' N, 67°37' W), caracterizado como bosque seco tropical, que tiene como límites climáticos generales una precipitación entre 850 y 1 000 mm anuales, una temperatura media anual entre 24 °C y 26 °C, situado a una elevación de 450 m.s.n.m., y suelos con buenas condiciones físicas de mediana fertilidad natural, clasificados dentro del Orden Entisol (Ewel y Madriz, 1968).

Los tratamientos aplicados se describen en el Cuadro 1, y las variables estudiadas fueron: incremento anual del volumen de copa (IVC) determinado por la diferencia del volumen de la copa al inicio y al final de cada CAP ( $IVC = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$ ) empleando fórmulas: de volumen ajustadas a cada figura geométrica.

En las plantas en libre crecimiento o testigo (T), el volumen (v) se determinó utilizando la fórmula de una esferoide  $(4/3)\pi r^2(1/2)h$ , donde r = radio de la copa y h = altura de la planta. En la forma PT se empleo la fórmula  $V = h/3 (B+b + \sqrt{Bb})$ ; donde B = superficie de la base inferior, b = superficie de la base superior, h = altura total de la planta. Al inicio de cada ciclo, la altura de las plantas se estableció en 4 m, y las dimensiones en su base inferior, de 4 m en la hilera y 4 m entre hileras. Para la base superior se estimó que sus dimensiones eran el 25% de la inferior. Para la forma R o cuadrada  $V = L^3$ , donde L = 4 m al inicio de cada CAP. El rendimiento se determinó por el peso de frutos (PF; kg) de cada árbol al final de cada ciclo anual. La EP se estableció relacionando PF y el volumen de la copa (m<sup>3</sup>) al final de cada CAP.

El aserrado o rayado de las ramas principales (ver Figura) consistió en cortes circulares de la corteza, de 2-3 mm de ancho, distanciados a 2 cm entre sí cerca del punto de inserción del tronco, a los 4 meses (octubre) después de la cosecha del año anterior. La presencia en la planta de una sustancia promotora de la floración que puede ser modificada en su síntesis y/o transporte por el rayado parece ser la causa del incremento de la floración (Agustí y Almela, 1991).

**CUADRO 1.** Tratamientos (forma de poda) y aserrado que se aplicaron a los cuatro cultivares de mango.

Código	Descripción	Cultivares
T	Testigo, en libre crecimiento, sin poda, sin aplicación del aserrado	Haden, Tommy-Atkins, Edward Kent
TA	Testigo, sin poda y con aplicación del aserrado de las ramas del árbol	Haden, Tommy-Atkins, Edward Kent
PT	Poda de la copa en forma piramidal truncada, sin aserrado de las ramas	Haden, Tommy-Atkins, Edward Kent
PTA	Poda de la copa en forma piramidal truncada, con aserrado de las ramas del árbol	Haden, Tommy-Atkins, Edward Kent
R	Poda de la copa en forma rectangular, sin aserrado de las ramas	Haden, Tommy-Atkins, Edward Kent
RA	Poda de la copa en forma rectangular, con aserrado de las ramas del árbol	Haden, Tommy-Atkins, Edward Kent

**FIGURA.** Técnica de anillado como alternativa de manejo en el cultivo de mango sembrado en altas densidades.

Los árboles fueron abonados anualmente, empleando el plan de fertilización por restitución para el mango sugerido por Avilán (1998), basado en el comportamiento o ciclo de vida productivo de la planta observada en el trópico.

Las dosis sugeridas fueron ajustadas a los niveles de disponibilidad de los elementos, determinados a través del análisis químico del suelo. La aplicación se realizó en el suelo, después de la cosecha del ciclo anterior y debajo de la proyección de la copa. Una vez ocurrida la floración y durante el proceso de fructificación se efectuaron riegos complementarios. Como promotor de la floración para toda la población del ensayo se empleó el nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) al 6%, asperjando la copa a los cinco meses de realizada la poda; en consideración de que los brotes, podados y sin podar, a los cinco meses están aptos para ser inducidos a florecer (Avilán *et al.*, 2000).

Fue empleado un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial (4x3x2) de 3 factores, donde el primer factor estaba conformado por 4 niveles (culti-

wares), el 2<sup>do</sup> factor por 3 niveles (forma de la copa) y el 3<sup>er</sup> factor por 2 niveles de aserrado (con y sin aserrado), que generó un total de 24 combinaciones de tratamientos (cultivar por tratamiento de poda y aserrado). Cada parcela experimental estuvo constituida por un árbol, con 4 repeticiones por tratamiento.

Por cada CAP se realizó un análisis de la varianza. Posteriormente, se realizó el análisis de la varianza combinado en el tiempo considerando los 4 CAP como las subparcelas y las parcelas principales constituidas por los cultivares y los tipos de poda. La separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significación del error tipo I al 5% (P=0,05) (Snedecor y Cochran, 1982). Previamente, se probaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), homocedasticidad (prueba de Bartlett), aleatoriedad (prueba de la Mediana), aditividad (prueba de Tukey) y autocorrelación (prueba de Durbin-Watson) (Steel y Torrie, 1960) en las variables IVC, PF y EF. Estas pruebas permitieron demostrar que las variables en estudio presentaron sendas distribuciones normales, pero con altos coeficientes de variación (Cv>30%). Estos casos son comunes en el cultivo de frutales perennes de tipo arbóreo. Para corregir estos elevados coeficientes de variación se utilizó la transformación de la raíz cuadrada:

$$y_t = \sqrt{y_i \cdot 0,05}$$

**CUADRO 2.** Cuadrados medios y su significación generadas por las variables incremento del volumen de copa (IVC) anual, peso de fruto (PF) y eficiencia productiva (EP). Ciclos 2000 al 2003.

Fuentes	GL	IVC	Pr > F	PF	Pr > F	EP	Pr > F
Forma (FC)	2	11,6316	0,0000	52326	0,0000	5,6887	0,0000
Anillado(A)	1	12,95	0,1665	1396	0,2049	0,0448	0,5616
FC x A	2	13,82	0,1375	296	0,6979	0,0802	0,5457
Error FC x A Repetición	18						
Cultivar (C)	3	3659	0,0008	9062	0,0000	0,6334	0,0035
FC x C	6	1227	0,0608	3261	0,0025	0,4741	0,0030
A x C	3	135	0,8700	665	0,4996	0,0121	0,9610
FC x A x C	6	531	0,4767	1364	0,1539	0,1605	0,2759
FC x A x Rep. x C	84						
Ciclo Anual Producción (CAP)	2	27446	0,0000	266722	0,0000	18,9648	0,0000
FC x CAP	4	30725	0,0000	17226	0,0000	1,5982	0,0000
A x CAP	2	2387	0,0151	772	0,2522	0,0201	0,7989
FC x A x CAP	4	1460	0,0359	142	0,8996	0,0367	0,7982
Error							
FC x A x Rep. x CAP	36						
C x CAP	6	3065	0,0000	7359	0,0000	0,9373	0,0000
FC x C x CAP	12	1585	0,0000	799	0,3044	0,3105	0,0004
A x C x CAP	6	335	0,4524	589	0,5181	0,0387	0,8678
FC x A x C x CAP	12	405	0,3150	443	0,7897	0,1049	0,3484
FC x A x Rep. x C x CAP	107						

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico combinado (Cuadro 2) de los 3 CAP considerados, desde el 2000 hasta el 2003, señalan que el manejo (Forma de copa) efectuado a las plantas indujo a respuestas diferentes entre los cultivares evaluados a través de las variables: IVC anual, PF y eficiencia productiva EP.

### Incremento del volumen de copa (IVC)

El análisis estadístico de la variable IVC (Cuadro 2) mostró diferencias altamente significativas entre las formas de copa (FC), cultivares (C), CAP (CP), las interacciones simples FC x CAP, C x CAP y la interacción triple FC x C x CAP; y significativa para la interacción simple aserrado (A) x CAP y triple FC x A x CAP.

El árbol de mango se caracteriza por un incremento continuo de su área foliar a lo largo de su vida útil, y durante el período de crecimiento (desde los 2 y hasta los 9 años de edad) su tasa es la más elevada (Avilán, 1988). Los CAP independiente de las variaciones interanuales, muestran la tendencia a disminuir la tasa de crecimiento (Cuadro 3) lo cual es indicativo que cuando el árbol fisiológicamente “madura” decrece la intensidad del mismo.

**CUADRO 3.** Comparación de medias del IVC anual (m<sup>3</sup>) de la interacción FC x C x CAP.

Tratamiento	2000-2001	2001-2002	2002-2003	X FC
PT	85,676 b	77,023 b	124,67 a	95,790 a
R	42,736 c	28,106 c	36,63 c	36,079 b
T	87,632 b	8,099 d	8,335 d	34,689 b
<b>Cultivares</b>				
Haden	94,616 a	38,273 c	63,453 b	65,447 a
Edward	69,910 b	40,425 c	55,374 bc	55,576 ab
Tommy Atkins	69,551 b	36,215 c	41,556 c	49,107 b
Kent	53,982 bc	36,058 c	65,802 b	51,947 b
x CAP	72,014 a	37,997 c	56,546 b	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas.

PT = piramidal truncada; R = rectangular ; T = testigo o plantas en libre crecimiento

FC: forma copa; CAP: ciclo anual de producción.

Los mayores IVC anuales entre las FC (Cuadro 3) ocurrieron en PT diferenciándose significativamente de R y las plantas en T. La copa de los cultivares, con excepción del Kent de ramificación erecta y perfil rectangular u ovoide, son de ramificación abierta y perfil circular y semicircular (Avilán *et al.*, 2002); lo cual implica para la conformación anual de la copa PT, una acentuada remoción del follaje o poda. Mika (1986) señala que los árboles podados tratan de restablecer el balance que existía antes de ser intervenidos entre la parte aérea y el sistema radical; y en consecuencia, a mayor intensidad o severidad de la poda mayor respuesta de la planta.

El mayor IVC anual entre los C ocurrió en Haden y Edward, seguido en orden decreciente por Kent y Tommy Atkins, ver Cuadro 3. Estos resultados se corresponden con el VV alto e intermedio que caracteriza respectivamente a los cultivares señalado en diferentes trabajos (Ruelhe y Ledin, 1955; Campbell, 1988).

El análisis de los resultados del A (Cuadro 4) como mecanismo para controlar el crecimiento de los árboles a través de la inducción de la floración, mostró diferencias significativas en el IVC anual de la PT entre las plantas sin y con A y con el resto de FC evaluadas. Estos resultados coinciden con los determinados en ciclos anteriores (Avilán *et al.* 2003). Los significativos incrementos del IVC indican un efecto contrario al esperado, el cual posiblemente esté asociado a la intensidad de la poda efectuada en PT, el VV del mango, así como a la época establecida para su ejecución, la cual se efectuó a los 4 meses de iniciado el CAP.

Cuando el A se realiza con mucha antelación a la presencia de las condiciones que propician la floración, como es la ocurrencia de temperaturas nocturnas iguales e inferiores a 20 °C (Nuñez-Elisea y Davenport, 1995-1992) da origen a un abundante crecimiento vegetativo (Agustí y Almela, 1991; Sao José, 1997).

Por otra parte, los estudios sobre la anatomía de la soldadura del injerto en mango señalan, que el parénquima medular posee una capacidad notable de crecimiento, superior al de otras especies frutícolas como el aguacate (Shimoya *et al.*, 1970). El corte efectuado a la corteza por el A es menos acentuado al causado por anillado, donde parte de la corteza es retirada de la rama. El VV del mango suelda o subsana rápidamente la incisión efectuada.

### Rendimiento de la planta (PF)

El análisis estadístico combinado de los 3 CAP (Cuadro 2) para la variable PF indican la ocurrencia de diferencias altamente significativas entre las variables FC, C, CAP y las interacciones simple FC x C, FC x CAP y C x CAP. El A de las ramas no tuvo incidencia significativa sobre el rendimiento.

Los cultivares Haden y Tommy Atkins (Cuadro 5) ocuparon la primera posición; seguido en orden decreciente por 'Kent', y en última posición 'Edward', lo cual concuerda con el comportamiento productivo observado en estos cultivares a lo largo de su vida útil, en la colección del CENIAP (Avilán *et al.*, 1998).

**CUADRO 4.** Comparación de medias del IVC anual (m<sup>3</sup>) para la interacción FC x A x CAP.

Tratamiento	2000-2001	2001-2002	2002-2003	X FC
PTA	79,55 a	83,46 a	143,91 a	102,31 a
PT	91,88 a	70,58 a	105,44 b	89,27 b
RA	41,16 b	28,66 b	38,70 c	36,17 c
R	44,31 b	29,07 b	34,57 c	35,47 c
TA	86,26 a	9,31 c	7,83 d	34,91 c
T	89,00 a	6,89 c	8,84 d	34,46 c
x. CAP	72,014 a	37,997 c	56,546 b	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas.

PT = piramidal truncada; R = rectangular; T = testigo o plantas en libre crecimiento;

A = aserrado; FC: forma copa; CAP: ciclo anual de producción.

Las mayores PF se obtuvieron en T seguido en orden decreciente por PT y R; concordando parcialmente, pero de manera inversa con los IVC entre las FC (Cuadro 3). Los menores IVC ocurrieron en las plantas en T diferenciándose significativamente de PT y R.

Según Cull (1991) y Verheij (1986), el mango pertenece al tipo de planta donde es frecuente, que medidas que estimulen el crecimiento, lo hagan a expensas de la floración y fructificación. Whiley (1993) y Whiley *et al.* (1989 y 1991) determinaron que el incremento en el desarrollo vegetativo disminuye la concentración de las reservas de almidón en la planta, y que las mismas están asociadas con la capacidad de floración y la productividad del mango.

Los incrementos de PF en T se mantiene a través de los CAP; mientras los intervenidos por la poda (PT y R) son variables (Cuadro 6). En la interacción CAP x FC

se observa independiente de la vecería o la alternancia en la producción y el incremento de PF por efecto del aumento de la edad, que la remoción del follaje efectuado para configurar la copa PT y R, puede tener un efecto negativo sobre la capacidad productiva de la planta.

El follaje removido por la poda, está constituido principalmente por ramas nuevas (brotes) y hojas, en las cuales se encuentra una parte importante de las reservas de la planta. Stassen *et al.* (2000) determinaron para el momento de la cosecha, los patrones de acumulación de varios elementos en las diferentes partes del árbol de mango, señalando que el nitrógeno y calcio en las hojas representó el 40% del contenido total en el árbol; y en relación a los otros elementos que los mismos se encuentra en alta proporción, como el potasio (20%) y el fósforo (15%).

**CUADRO 5.** Comparación de medias del PF (kg árbol<sup>-1</sup>) para la interacción C x FC.

Cultivar	Forma de Copa			x.C
	PT	R	T	
Haden	100,25 a	60,41 a	128,46 a	96,33 a
Edward	64,08 b	60,07 a	97,62 b	74,87 b
Tommy Atkins	99,12 a	76,91 a	111,67 a	95,90 a
Kent	62,52 b	63,12 a	110,25 a	78,66 b
x FC	81,52 b	65,84 c	112,00 a	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas.

PT = piramidal truncada; R = rectangular; T = testigo o plantas en libre crecimiento. C: cultivar; CAP: ciclo anual de producción.

**CUADRO 6.** Comparación de medias del PF (kg árbol<sup>-1</sup>) para la interacción CAP x FC.

Trat.	Ciclo anual			x.FC
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	
PT	59,53 b	57,00 b	131,19 a	81,52 b
R	53,84 b	33,21 b	47,40 b	65,84 c
T	88,87 a	104,69 a	199,72 a	112,00 a
x.CAP	69,64 b	44,73 c	146,00 a	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas.

PT = piramidal truncada; R = rectangular ; T = testigo o plantas en libre crecimiento; A = aserrado; FC: forma copa; CAP: ciclo anual de producción.

En el Cuadro 7, se muestran las medias y su significación para la interacción C x CAP. La variación entre los ciclos consecutivos de producción fue caracterizada como una alternancia (Veceria), independientemente de los incrementos anuales de rendimiento, asociados a la edad de la planta. Los rendimientos del CAP 2002-2003, fueron superiores al obtenido en 2000-2001 y 2001-2002.

Este hecho es común en el mango, donde después de una elevada cosecha, le sigue uno de baja producción o viceversa.

Los rendimientos promedios por planta (Cuadro 7) del ensayo son inferiores a los considerados como “adecuados” (Avilán, 1998) para árboles con edades comprendidas desde los 8 y hasta los 10 años, establecidos en baja densidad (69 plantas ha<sup>-1</sup>). Sin embargo, representan para una población de 278 árboles ha<sup>-1</sup>, rendimientos para los diferentes FC evaluados de 31,1 T, PT 22,7 y R 18,3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; los cuales superan entre 163% y 282% los rendimientos de 11 t ha<sup>-1</sup> que se obtienen en los huertos comerciales de similar edad en el país, donde emplean el sistema tradicional de 69 plantas ha<sup>-1</sup> (Avilán, 1988 y 1998).

### Eficiencia Productiva (EP)

El análisis estadístico combinado de los 3 CAP ver Cuadro 2 indican para EP la ocurrencia de diferencias altamente significativas entre las variables FC, C, CAP, las interacciones simple FC x C, FC x CAP, C x CAP y la interacción triple FC x C x CAP.

**CUADRO 7.** Comparación de medias del PF (kg árbol<sup>-1</sup>) para la interacción C x CAP.

Tratamiento	Ciclo anual			x.C
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	
Haden	95,04 a	53,66 a	140,42 a	96,33 a
Edward	42,54 b	20,78 b	158,46 a	74,87 b
Tommy Atkins	78,45 a	56,54 a	152,71 a	95,90 a
Kent	58,50 b	48,29 a	129,21 a	78,66 b
x.CAP	68,64 b	44,73 c	146,00 a	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas. C: cultivar; CAP: ciclo anual de producción.

Stassen *et al.* (1999) en árboles de 7 años de edad de los cultivares Sensation y Tommy Atkins determinaron que la Piramidal es la ideal para mejorar la penetración y distribución de la luz en los huertos. La mayor EP entre FC fue determinada en R y T (Cuadro 8), las cuales se diferenciaron significativamente de PT, contrariamente a lo esperado y a los resultados obtenidos en ciclos anteriores en el mismo ensayo (Avilán *et al.*, 2003).

Este hecho puede estar asociado a la acentuada remoción de follaje para configurar la PT, donde los mayores IVC entre las FC (Cuadro 5) ocurrieron en PT, la cual se diferenció significativamente de R y las plantas en T; y en consecuencia a una mayor disminución de las reservas para afrontar el proceso reproductivo. El Tommy Atkins presentó la mayor EP; mientras el Edward la menor. Las variaciones interanuales (CAP) de EP, están asociadas a las determinadas en PF (Cuadro 7) por efecto de la veceria.

En las observaciones realizadas durante el transcurso de la conducción del ensayo es importante destacar dos aspectos importantes relacionados con el manejo de la población. A pesar del discreto IVC determinado en T con relación a los otros tratamientos (Cuadro 5), la copa de los árboles se han entrecruzado entre las hileras y en la hilera, lo cual ha traído como consecuencia, además de dificultar las labores culturales (aspersiones, otras) que los frutos se ubiquen en la parte superior de la misma, dificultando la cosecha y exigiendo mayor tiempo para su ejecución. Esta situación acarreará la necesidad de efectuar controles en las dimensiones de las copas a través de la poda, para facilitar las labores de cosecha y propiciar la penetración de la luz hacia las partes inferiores de la planta. Dado el tamaño alcanzado por los árboles se trataría de una poda drástica o severa, lo cual puede acarrear una acentuada reducción de los rendimientos.

Con relación a PT y R, en la conformación de las copas efectuada a cada árbol durante la fase experimental, se realizaron cortes de follaje entre las hilera de plantas, lo cual trajo como consecuencia además de la remoción de parte de las reservas, pérdida de la superficie de fructificación, lo cual repercutió en la reducción de los rendimientos y EP.

Es de presumir que en el manejo de una población con estas formas, en la configuración de las copas el corte del follaje entre plantas de una misma hilera no se efectuaría, y se manejaría como un “seto”. Es decir la poda o remoción del follaje se realizaría en ambos lados de la hilera, dejando el espacio entre hileras a la distancia predefinida, lo cual facilita la adopción de las formas (McCarty *et al.*, 1969).

**CUADRO 8.** Comparación de medias del EP (kg de frutos m<sup>-3</sup> follaje) de la interacción FC x C x CAP.

Tratamiento	2000-2001	2001-2002	2002-2003	x.C
PT	0,396 b	0,390 b	0,740 b	0,50 b
R	0,753 a	0,542 a	1,555 a	0,95 a
T	0,771 a	0,385 b	1,553 a	0,89 a
<b>Cultivares (C)</b>				
Haden	0,743 a	0,462 ab	1,028 b	0,74 b
Edward	0,406 b	0,197 b	1,465 a	0,68 c
Tommy Atkins	0,758 a	0,594 a	1,408 a	0,92 a
Kent	0,653 ab	0,501 a	1,204 ab	0,78 ab
x.CAP	0,64 b	0,43 c	1,27 a	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas  
PT = piramidal truncada; R = rectangular; T = testigo o plantas en libre crecimiento. FC: forma de copa CAP: ciclo anual de producción; C: cultivar.

## CONCLUSIONES

- Se evidenció que a mayor remoción de follaje para la configuración de la copa, mayor el IVC, con reducción de la PF y la EP.
- El empleo de la técnica del aserrado tuvo un efecto contrario al esperado promoviendo el desarrollo vegetativo.
- Los rendimientos promedios para los 3 CAP considerando una población de 278 pl ha<sup>-1</sup> y las formas evaluadas fueron t ha<sup>-1</sup>, respectivamente 31,3 en T o plantas en libre crecimiento; 18,3 en R y 22,7 en PT.
- Los rendimientos de las copas, R y PT, superan en 206% y 163%, respectivamente, las 11 t ha<sup>-1</sup> alcanzadas en huertos de la misma edad (8 a 10 años) en el sistema tradicional sin intervención de la planta y 69 pl ha<sup>-1</sup>.
- La EP de la poda R ocupó la primera posición.
- El 'Tommy Atkins' caracterizado por su vigor intermedio, al presentar bajos incrementos anuales del volumen de copa (IVC), altos rendimientos y EP, constituye el cultivar con mayores atributos para su empleo en altas densidades de población.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. y V. Almela .1991. Aplicación de fitoreguladores en citricultura. Barcelona. España. Aedos Editorial. 110 p.
- Avilán, L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad de población (278 pl ha<sup>-1</sup>) durante el periodo de crecimiento. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia 22(2):99-111.
- Avilán, L., G. Martínez, C. Marín R., M. Rodríguez, J. Ruiz y H. Escalante. 2003. La poda cuadrada y piramidal truncada con y sin aserrado en la producción del mango. Agronomía Trop. 53(3):239-257.
- Avilán, L., I. Dorantes, J. Cumare, U. Emaldi, M. Mireles y M. Rodríguez. 2002. Comportamiento fenológico y caracterización de la colección de mango del CENIAP. Maracay. Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Publicación Especial N° 3. 120 p.
- Avilán, L., C. Marín R., M. Rodríguez y J. Ruiz. 2000. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol, nitrato de potasio. Agronomía Trop. 50(3):347-360.
- Avilán, L. 1998. Planes de fertilización para el naranjo y mango en Venezuela. Journal of Agriculture and Environment for International Development. 92(1):33-53.
- Avilán, L., I. Dorantes y M. Rodríguez. 1998. Selección de cultivares de mango para el comercio de frutos frescos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1952-1966. Agronomía Trop. 48(2):107-122.
- Avilán, L. 1988. El ciclo de vida productivo de los frutales de tipo arbóreo en medio tropical y sus consecuencias agroeconómicas. Fruits 43(9):517-529.
- Campbell, R. and J. Wasielewski. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. Acta Horticulturae 509:641-651.
- Campbell, C. 1988. Progress in mango .Proc American Society Horticultural Science Tropical Region 32:8-19.

- Crane, J., I. Bally, R. Mosqueda and E. Tomer. 1997. Crop production **In:** The mango, botany, production and uses. New York. CAB International. Wallingford. U.K. pp. 203-256.
- Cull, B. 1991. Mango crop management. *Acta Horticulturae* 291:154-173.
- Ewel, L. y J. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría. Editorial Sucre. 265 p.
- Galán, V. 1999. El cultivo del mango. Madrid. Coedición Gobierno de Canarias. Ediciones Mundi-Prensa. 298 p.
- Mccarty, C., G. Brown and F. Burkner. 1969. Citrus tree and orchard modification to facilitate, mechanical harvest: **In:** Proceedings First International Citrus Symposium: Vol 2, pp. 653-658.
- Medina-Urrutia, V. 1994. Poda y Paclobutrazol afectan el crecimiento y producción de árboles jóvenes de mango 'Tommy Atkins'. *Proceedings Interamerican Society Tropical Horticultural* 38:50-55.
- Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Horticultural Reviews* 8:337-378.
- Núñez-Elisea, R. and T. Davenport. 1995. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Scientiae Horticulturae* 62:63-73.
- Núñez-Elisea, R. and T. Davenport. 1992. Requirement for mature leaves during floral induction and floral transition in developing shoots of mango. *Acta Horticulturae* 296:33.
- Ram, S. and S. Sirohi. 1991. Feasibility of high density orcharding in 'Dasshehari' mango. *Acta Horticulturae* 291:207-211.
- Rojas, E. 1998. La poda y el paclobutrazol en la brotación floral y vegetativa del mango 'Haden'. *Proceedings Interamerican Society Tropical Science*. 42:222-225
- Ruehle, D. and R. Ledin. 1955. Mango growing in Florida. Gainesville. University of Florida. Bulletin 574. 90 p.
- Sao José, A. 1997. Effect of girdling treatments on flowering and production of mango trees Tommy Atkins. *Acta Horticulturae* 455:132-134.
- Shimoya, C., C. Gomide e R. Pinheiro. 1970. Anatomia da soldadura do enxerto de garfagem no topo, em abacateiro (*Persea americana* Mill.) e mangueira (*Mangifera indica* L.). *Revista Ceres* 17(92):120-138.
- Snedecor, G. y W. Cochran .1982. Métodos estadísticos. México. Editorial Continental. 705 p.
- Stassen, P., H. Grove and S. Davis. 2000. Uptake, distribution and requirements of macro elements in 'Sensation' mango trees. *Acta Horticulturae* 509:365-374.
- Stassen, P; H. Grove and S. Davie.1999. Tree shaping strategies for higher density mango orchards. *Journal of Applied Horticulture* 1(1):1-4.
- Steel, R. and J. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. With Special Reference to the Biological Sciences. McGraw-Hill Company, Inc. New York. 481 p.
- Verheij, E. 1986. Towards a classification of tropical fruit trees. *Acta Horticulturae* 175:137-150.
- Whiley, A. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango. A review. *Acta Horticulturae* 341:168-176.
- Whiley, A., T. Rasmussen, B. Wolstenholme, J. Saranah and B. Cull. 1991. Interpretation of growth responses of some mango cultivars grown under controlled temperatures. *Acta Horticulturae* 291:22-31.
- Whiley, A., T. Rasmussen, J. Saranah and N. Wolstenholme. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science* 64(6):753-765.

## EVALUACIÓN DE AGENTES COAGULANTES PARA LA FORMULACIÓN DE JUGO A PARTIR DE PSEUDOFRUTOS DE MEREY

### EVALUATION OF COAGULATING AGENTS FOR THE FORMULATION OF JUICE FROM PSEUDOFRUITS OF MEREY

María J. Sindoni V.\*, Eunice Caldera R.\*\*, Alejandra C. Pérez\*\*, Luzmeri Marcano\*,  
Reinaldo Parra\* y Carlos Marín R. \*\*\*\*

\* Investigador y \*\*\* Técnico Asociado a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Anzoátegui. Departamento Frutales y Post- Cosecha. Email: msindoni@inia.gob.ve.

\*\* Ingeniero Químico. Universidad de Oriente (UDO). Núcleo Puerto La Cruz. Departamento de Química.

\*\*\*\* Técnico Asociado a la Investigación V. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Estadística. Apdo. 4563. Maracay 2101-A, estado Aragua. Venezuela.

#### RESUMEN

Estudios relativos a la elaboración de un jugo clarificado fueron realizados utilizando pseudofrutos de merey, *Anacardium occidentale* L., de manera de garantizar valor agregado a este frutal de importancia económica y social en la región oriental de Venezuela. Para ello, se utilizaron pseudofrutos del clon enano precoz CCP-76, los cuales venían presentando un problema de turbidez y astringencia, que desmejoraba la calidad del producto. En tal sentido, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la gelatina sin sabor y el gluten, como agentes coagulantes, sobre la turbidez, astringencia y otras características de calidad del jugo. Pseudofrutos de merey, cosechados y seleccionados dentro del huerto del INIA Anzoátegui, fueron tratados con agua clorada al 5% y procesados para extraer el jugo fresco, el cual fue sometido a diferentes formulaciones de gelatina sin sabor y de gluten (5, 10 y 12% m/v). Determinaciones químicas fueron efectuadas: pH, acidez total, azúcares reductores, taninos, contenido de sólidos solubles (°Brix) y vitamina C. Una vez envasado, el jugo fue sometido a análisis sensoriales para determinar su aceptabilidad. Los resultados demostraron que el jugo clarificado, obtenido a partir de las diluciones de la gelatina sin sabor al 10% y del gluten al 12%, fue el de mejor clarificación, cuando se compara con el resto de las formulaciones cuya floculación fue escasa, la precipitación muy lenta y de un color amarillento poco atractivo. Aún cuando se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles y acidez titulable, antes y después de la clarificación para ambos agentes en las diferentes formulaciones, éstas no fueron determinantes para la selección de uno u otro. Por otro lado, la aceptación del jugo por parte de los panelistas fue mayor cuando se utilizó la gelatina sin sabor al 10% como medio clarificante.

**Palabras Clave:** *Anacardium occidentale* L.; pseudo-frutos; jugo; coagulante; gelatina; gluten.

#### SUMMARY

In the eastern region of Venezuela, cashew, *Anacardium occidentale* L., is a fruit crop of economic and social importance for many rural communities which depend on its production. Studies performed with the pseudo-fruit of this crop have led to the formulation of a clarified juice which would provide aggregated value and increased earnings for cashew growers. When apples (pseudo-fruits) of the early dwarf clone CCP-76 were used before, a problem of high turbidity and astringency, which lowers juice quality, was found. The main objective of this research was to evaluate the effect of either no flavour jelly or gluten as coagulant agents on turbidity, astringency and other characteristics of juice quality. Selected cashew apples, harvested from the INIA Anzoátegui orchard, were treated with 5% chlorinated water and processed to extract fresh juice, which was treated with various concentrations (5, 10 and 20% w/v) of no flavour jelly or gluten. Chemical determinations performed were: pH, total acidity, reducing sugars, tannins, total soluble solids (°Brix) and vitamin C. Also sensorial analyses to determine acceptability were performed. Results demonstrated that the juice obtained from the 10% jelly and 12% gluten showed the best clarification, when compared with the rest of treatments. These had a lower flocculation, slower precipitation and unattractive yellow colour. Even though total soluble solids and total acidity, before and after clarification, differed slightly, they were not determinant to choose one coagulant agent or another. Juice acceptability was higher when 10% gelatine as clarifying agent was used.

**Key Words:** *Anacardium occidentale* L.; apple cashew; juice; coagulant; jelly; gluten.

## INTRODUCCIÓN

El merey, *Anacardium occidentale* L., representa el 20% de la producción de frutales en el Oriente venezolano. Su aprovechamiento se realiza principalmente en las comunidades rurales de manera artesanal, concentrándose su explotación en la nuez, mientras que el pseudofruto es subutilizado conociéndose hasta ahora pocos productos como el merey pasa.

El INIA Anzoátegui, consciente de esta situación ha venido desarrollando diversos estudios para la diversificación del pseudofruto que permita su aprovechamiento integral (Silva, 2004).

Por otra parte, es bien conocido que las bebidas no alcohólicas son altamente consumidas en el mundo entero, especialmente aquellas provenientes de frutas, las cuales constituyen fuentes fundamentales de vitaminas y minerales para la dieta humana (Tocchini, 1989), de esta manera, la elaboración de jugos provenientes de pseudofrutos, los cuales representa un 90% aproximadamente, del total del fruto integral (nuez/pseudofruto o pulpa), puede ser una alternativa para su diversificación y aprovechamiento.

En este caso, es importante realizar evaluaciones sensoriales, usando escalas hedónicas o de intensidad, las cuales son determinantes antes de ofertar cualquier producto al consumidor, ya que su aceptación o no, al final de cuentas, es el que dará el punto final a un mercado seguro. También, es necesario, considerar el estado de madurez de la pulpa, por influir notablemente en la calidad y aceptación del producto final (Williams y Langron, 1983).

La calidad reside en los atributos de apariencia, sabor, olor, textura, que se perciben a través de los sentidos humanos. Para ello, los paneles de consumidores constituyen el mejor grupo para evaluar la presencia de un producto, sin embargo, estas personas deben comprender las instrucciones y tener claro el procedimiento de la prueba para generar la información de forma objetiva (Lima *et al.*, 1999).

Es así considerando el alto potencial de producción del merey, tanto criollos mejorados como aquellos provenientes de los clones introducidos de Brasil, llamados enano precoces, y de las grandes pérdidas poscosechas las cuales llegan a alcanzar hasta un 35% (Bertorelli y Sindoni, 2005), se origina el siguiente trabajo de investigación cuyo objetivo es, el de obtener un jugo clarificado a base de pseudofrutos de merey, aceptado por los consumidores y manteniendo su composición nutritiva,

que contribuya al aprovechamiento integral del fruto / pseudofruto disminuyendo de esta manera las pérdidas postcosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de merey fueron colectados en el huerto clonal CCP-76 del INIA Anzoátegui, utilizando un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Los frutos integrales se clasificaron y agruparon en 50 unidades y trasladados al laboratorio, donde fueron lavados, con una solución clorada y separados los pseudofrutos de la nuez. Los pseudofrutos fueron pesados y lavados por segunda vez con agua corriente y se procedió a extraer el jugo, utilizando un extractor.

Obtenido el jugo se procedió a clarificarlo, usando un vaso precipitado con capacidad de 250 ml, se tomó una muestra de 100 ml de jugo y se le agregó gelatina sin sabor comercial, con formulaciones o dosificaciones de 0,25; 0,5 y 0,6 g, lo que representa un 5, 10 y 12% m/v, por espacio de 10 min y a temperatura ambiente la mezcla fue agitada, para luego dejar reposar por espacio de 30 min Este procedimiento fue repetido pero sustituyendo la gelatina por gluten. Una vez clarificado el jugo se procedió al filtrado, utilizando tela de algodón tipo gasa (chesse cloth) colocándose una capa por muestra.

Los análisis físico-químicos fueron realizados antes y después del proceso de clarificación/filtración, con tres repeticiones por formulación, según las normas COVENIN (1975 a,b,c), utilizadas para la determinación de sólidos solubles (SS), acidez titulable (AT), Vitamina C y taninos (T).

Cada formulación fue envasada y sellada, sometiéndola a baño de María por espacio de 2 horas a 60 °C, 24 h después se llevaron a cabo las pruebas sensoriales, para ello se elaboraron planillas donde se presentaba a un panel, constituido por 25 personas no entrenadas, los parámetros a evaluar: apariencia, olor, sabor, dulzura y astringencia, en una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 1 = disgusta muchísimo, 5 = indiferente y 9 = gusta muchísimo.

Las muestras fueron colocadas al azar en vasos pequeños, incluyendo agua para consumir entre cada degustación. La prueba se realizó en las instalaciones del instituto donde se explicó a cada panelista la manera de hacerlo y la forma de vaciar la información en las planillas. Los resultados fueron analizados estadísticamente con un diseño factorial con múltiples repeticiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización fisicoquímica del jugo integral del pseudofruto de merey

En el Cuadro 1 se resumen los resultados de la determinación físico-química realizada en el jugo integral, donde se observó un contenido de SS de 12 °Brix siendo aceptable ya que evaluaciones realizadas por Soares *et al.* (2001) y Sindoni *et al.* (2005), han encontrado concentraciones hasta de 14 °Brix en la última fase de maduración del pseudofruto.

**CUADRO 1.** Características del jugo integral del pseudofruto de merey.

Muestra	SST (°Brix)	pH	Acidez titulable	Taninos	Vitamina C
15	12,0	4,3	0,22	3,4	335

Considerando que la concentración de azúcares depende de la variedad, grado de maduración, posición de la planta, intensidad de radiación y otros factores climáticos, en este caso se mantuvo el valor promedio de los SS contenidos en el pseudofruto. En cuanto a pH los valores obtenidos fueron de 4,3 los cuales se asemejan a los encontrados por otros autores (Tochinni y Lara, 1979; Maia *et al.*, 2001). El contenido de T, expresados en ácido galotánico, determinante en el sabor y textura del jugo de merey, por ser compuestos fenólicos que causan astringencia y turbidez presentó un valor de  $3,24 \times 10^{-3}$  g ml<sup>-1</sup> de jugo, este valor es comparable a los señalado por otros autores.

La AT determinada como ácido málico arrojó un valor de 0,22%, encontrándose en el límite inferior a los señalados por los patrones de calidad brasileños los cuales se encuentran entre 0,22 a 0,52%, mientras que el contenido de vitamina C estuvo en el límite superior con respecto a los estudiados por los brasileños (139 a 387 mg 100g<sup>-1</sup>), confirmándose la riqueza de la especie en cuanto al contenido de esta vitamina.

### Efecto de las formulaciones de gelatina sin sabor sobre la clarificación del jugo de merey

El efecto de las formulaciones sobre la clarificación del jugo evidenció un comportamiento diferencial. La clarificación utilizando como medio coagulante la

gelatina sin sabor al 5% se formaron pequeños flóculos y una banda angosta difusa donde el líquido sobrenadante fue escaso y de color claro amarillento el vaso conteniendo la gelatina sin sabor al 10% se evidenció flóculos grandes que se depositaban con mayor velocidad; la banda de líquido sobrenadante fue mayor que en la de los otros tratamientos, y el color del líquido fue claro con presencia de muy pocas y pequeñas partículas en suspensión. En el vaso correspondiente a gelatina al 12%, observó muy poca formación de flóculos, los cuales precipitaron muy lentamente y la banda del líquido sobrenadante fue muy difusa no llegando a evidenciarse la separación de forma clara entre este líquido y el jugo clarificado.

### Efecto de las formulaciones de gelatina sin sabor sobre el contenido de sólidos solubles, pH y taninos

El contenido de SS, usados como índice de azúcares totales en frutos, indicando el grado madurez, están constituidos por compuestos solubles en agua que representan sustancias tales como azúcares, ácidos, vitamina C y algunas pectinas. El contenido disminuyó en comparación con los encontrados en el jugo integral, debido a que la gelatina como agente coagulante, arrastra todas las partículas. En este caso las formulaciones de gelatina al 5 y 12%, que no presentaron un efecto marcado sobre la precipitación, tuvieron mayor contenido de SS que en aquel jugo clarificado con gelatina al 10%. Para el caso del pH, se observa que, al comparar los valores entre los jugos clarificados con gelatina al 5 y 10% los valores son iguales y ligeramente superiores a aquellos presentes al 12%. La variación entre el jugo integral y las diferentes formulaciones de gelatina evidencia no hay efecto entre la utilización de este agente coagulante sobre el pH del jugo de merey (Cuadro 2).

**CUADRO 2.** Efecto de la formulación de la gelatina sin sabor sobre el contenido de los sólidos solubles, pH y taninos en el jugo clarificado.

Concentración	SST (°Brix)	pH	Taninos
5%	10,2 a	4,6 a	2,4 a
10%	9,7 b	4,6 a	2,2 a
12%	10,3 a	4,3 b	2,7 b

Separación de medias por tratamiento (por letras) según rango de Tukey, P<0,05.

El contenido de T en el jugo clarificado fue menor al encontrado en el jugo integral, siendo el efecto mayor en el tratado con gelatina al 10% esto es debido a la atracción que ejerce el agente coagulante sobre los compuestos fenólicos, propiciando la formación de coágulos y por consiguiente su precipitación. La formulación que obtuvo la mayor formación de coágulos, fue la que arrastró la mayor cantidad de partículas, definiendo así su separación (suspensión), disminuyendo la cantidad de T, y en consecuencia la astringencia en la parte clarificada del jugo. (Cuadro 2).

### Acidez titulable y contenido de vitamina C

Para ambos parámetros, los valores no mostraron pérdidas importantes por efecto de la precipitación del jugo cuando se añadió gelatina sin sabor en cualquiera de sus tres formulaciones: 5, 10 y 12% (por no presentar diferencias, no se muestran los valores). Cabe destacar la importancia de esta determinación, ya que es un indicativo de la permanencia del contenido vitamínico de este jugo, así como de su preservación.

### Evaluación Sensorial

El color, no presentó diferencias significativas en cuanto a la preferencia entre los jugos clarificados con gelatina sin sabor al 5 y 10%; sin embargo, el formulado al 12% obtuvo muy baja aceptación, al presentar un color amarillento.

El olor, en general, fue poco aceptado por los panelistas. En cuanto al sabor, el ANAVA mostró diferencias significativas indicando su preferencia sobre el jugo tratado con gelatina al 10%. El jugo correspondiente a la formulación del 12% fue el de mayor desagrado, por la poca reacción que se obtuvo para su precipitación y clarificación manteniendo la consistencia y el sabor natural que incluye la astringencia característica presentada por el contenido de T. La combinación de estos parámetros que influyen sobre la aceptación del producto se refleja en el Cuadro 3.

**CUADRO 3.** Evaluación sensorial del jugo clarificado con gelatina.

Concentración	Aceptación
10%	8,4875 a
5%	6,0250 b
12%	2,8875 c

Separación de medias por tratamiento (por letras) según rango de Tukey,  $P < 0,05$ .

### Efecto de las formulaciones de gluten como agente coagulante sobre la clarificación del jugo de merey y sobre el contenido de sólidos solubles, pH y taninos

El gluten utilizado como agente coagulante, mostró que la mayor formación de floculos, los cuales precipitaban rápidamente formando una capa gruesa y clara de líquido sobrenadante, correspondió a la formulación de 12% siendo la mejor formulación clarificante, cuando comparado a las restantes. En relación a las características físico-químicas, cuyos resultados promedios se presentan en el Cuadro 4, se observa un comportamiento similar para cada uno de los parámetros evaluados que los arrojados para la gelatina sin sabor. Sin embargo, los resultados de las evaluaciones sensoriales mostraron los valores más bajos de aceptación del jugo clarificado cuando se utilizó el gluten como agente coagulante al 5 y 10% y la no aceptación de este producto cuando fue formulado con gluten al 12%.

**CUADRO 4.** Efecto de la formulación de gluten sobre el contenido de los sólidos solubles, pH y taninos en el jugo clarificado.

Concentración	SST (°Brix)	pH	Taninos
5%	10,0 a	4,3 a	3,0 a
10%	9,6 b	4,5 b	2,7 b
12%	9,7 b	4,3 a	2,7 b

Separación de medias por tratamiento (por letras) según rango de Tukey,  $P < 0,05$ .

### CONCLUSIONES

- El jugo clarificado de merey, es una alternativa para el aprovechamiento de pseudofrutos con altos contenidos de T que causan la astringencia y turbidez, siendo esto un factor determinante para la aceptación por parte del consumidor.
- Los valores arrojados demostraron que el jugo de merey tratado con gelatina sin sabor al 10% m/v y gluten al 12% m/v, resultaron ser las dosis adecuadas para su clarificación. No obstante, el efecto de la gelatina sin sabor fue mayor sobre el contenido de T, obteniendo los valores más bajos.
- Ninguno de los agentes coagulantes causó degradación en el contenido de vitamina C. En cuanto a las pruebas sensoriales, el jugo clarificado con gelatina sin sabor al 10% m/v, fue el que obtuvo la mayor aceptación por parte de los panelistas.

## AGRADECIMIENTO

Al Dr. Lucas Álvarez, Presidente de FUNDACITE Anzoátegui por su apoyo en la realización de este estudio preliminar para determinar la factibilidad en la diversificación de productos y subproductos a partir de pseudofrutos de merey.

Williams, A. and S. Langron. 1983. Influence of different controlled atmospheres and poststorage temperatures on the acceptability of Cox's Orange Pippin and Sumtan apples. *J. Sci. Food Agr.* 34:1 375-1 382.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bertorelli, M. and M. Sindoni. 2004. Efecto de *Polybia ignobilis* y *Polistes versicolor* sobre la pérdida del rendimiento de pseudofrutos de merey. *Revista de la Facultad de Agronomía de LUZ* N° 1. V 21(1):166-173.
- COVENIN. 1975a. Norma Venezolana de alimentos. Determinación de ácido ascórbico (Vitamina C). Fondonorma. ISBN 980-06-1080. 1295-82. 17 p.
- COVENIN. 1975b. Norma Venezolana para determinación de acidez de frutas y productos derivados. Fondonorma. ISBN 980-06-1080. 1151-77.
- COVENIN. 1975c. Norma Venezolana de Jugos y Néctares. Determinación de azúcares reductores. Fondonorma. ISBN 980-06-1080. 1301-83.
- Lima, J., M. Silva and L. Goncalves. 1999. Sensory characterization of cashew nut kernels. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 19:123-126.
- Maia, G., J. Monteiro e A. Guaimaraes. 2001. Estudo da estabilidade físico-química e química do suco de caju com alto teor de polpa. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 21:43-46.
- Silva, F. 2004. Introducción de clones de merey enanos precoces en la mesa de Guanipa. INIA Divulga N° 1, enero-abril. 47-49.
- Sindoni, M., P. Hidalgo, F. Silva, M. Bertorelli y O. Chauran. 2005. El cultivo del merey en el Oriente de Venezuela. Serie Manuales de Cultivo. INIA N° 3. 80 p.
- Soares, L., G. Oliveira e G. Maia. 2001. Obtencao de Bebida a partir de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) e extracto de guaraná (*Paullinia cupana sorbilis* Mart Duke). *Bras. Frutic.* 23:387-390.
- Tocchini, R. P. 1989. Processamento e obtencao de produtos do guarana. *Bol. Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, Campinas,* 23(1/2):90-95.

# AGRONOMÍA TROPICAL

## Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

### Instrucciones para los Autores

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

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

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

#### Manuscritos

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

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

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

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias. Junto al manuscrito es necesario anexar una carta de Fe, donde se declare que el trabajo no ha sido presentado en ningún otro medio.

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

**Autor(es).** Primer nombre completo, inicial del 2<sup>do</sup> 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 biblio-

gráficas 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 <sup>3</sup> m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10 <sup>-2</sup> m)	
milímetro,	mm (10 <sup>-3</sup> m)	
micra	m	
micromilímetro,	mm (10 <sup>-6</sup> m),	microm
nanómetro,	nm (10 <sup>-9</sup> m),	Angstrom
metro cuadrado,	m <sup>2</sup>	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	m <sup>3</sup>	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg (10 <sup>-3</sup> g)	
microgramo,	µg (10 <sup>-6</sup> g)	
nanogramo,	ng (10 <sup>-9</sup> g)	
kilogramo/hectárea,	kg ha <sup>-1</sup>	
toneladas/hectárea,	t ha <sup>-1</sup>	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	°C	
grado Joule,	J,	caloría
grado Kelvin	°K	
centimole por kilogramo,	c mol kg <sup>-1</sup> ,	mæq por 100g
gramo por kilogramo,	g kg <sup>-1</sup>	
miligramo por kilogramo,	mg kg <sup>-1</sup> ,	ppm
metro sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	

La revista proporcionará gratis a los autores 25 separatas de sus trabajos.

Para reproducir un material o parte de él, deberá obtenerse el permiso de la revista.

Los manuscritos deben ser enviados al Editor de **Agronomía Tropical**, INIA, Apdo. 2103, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela, acompañados de una comunicación en la cual se señale el autor a quién deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio y la firma de cada uno de los autores del trabajo.

En su defecto el artículo también puede ser enviado por correo electrónico a las siguientes direcciones: agrotrop@inia.gob.ve, agrotropic@yahoo.com y mfernandez@inia.gob.ve.

### Para suscripción

Favor, depositar el monto del volumen completo más costo de envío al Banco Mercantil, Cuenta Corriente N° 0105-0100-84-1100095039 a nombre del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

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

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

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

