

Agromomía ***Tropical***

Vol. 54 N° 2, 2004
ISSN 0002, 192X

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 (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.

SUSCRIPCIÓN

Venezuela: 9 000,00

Países en desarrollo: US\$ 55, incluyendo costos de envío
(Developing countries) (including shipping)

Países desarrollados: US\$ 60, 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. Aragua-Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Apartado 4653. Maracay 2101. Aragua-Venezuela.

Correo Electrónico: agrotrop@fundacite.arg.gov.ve

Página Electrónica: <http://www.redpav-polar.info.ve.agrotrop>

JACIPIOT AINONQDA
PUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzanti, W. S. Iqbal, Rafael Pontis Viscel, Jesús Silva Cívico, Gina Malagutti, Giuseppe Ravanello, Luis A. Salas, F. S. Höfövitz, R. Orrego, Doris M. de Zepa.

EDITOR: Aydée Cabrera de Green
EDITOR ASOCIADO: Ricardo Ramírez
EDITOR ASISTENTE: Milagros Fernández

COMITÉ EDITORIAL

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela

Agromonía Trop. / Vol. 54 / No. 2 / Abril-Junio 2004 / ISSN 0002-192X

FUNDADORES

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

EDITOR: Aydée Cabrera de Green

EDITOR ASOCIADO: Ricardo Ramírez

EDITOR ASISTENTE: Milagros Fernández

COMITÉ EDITORIAL

Ricardo Ramírez
María González

Aydée Cabrera de Green

Félix San Vicente
Klaus Jaffé

CONSEJO DE REDACCIÓN

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

Yolanda Guevara. INIA. CENIAP. Maracay
Raúl Mosqueda Vásquez. INIFAP. México
Alfredo Layrisse. UCV. Fac. de Agronomía
Juan Comerma. PALMAVEN. Carabobo
David Beck. CIMMYT. México
Zaida Lentini. CIAT. Colombia
Graciano Elizalde. UCV. Fac. de Agronomía
Marisol Castrillo. USB. Caracas
José Barreiro Méndez. USB. Caracas
Juan Blanquer. Univ. 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

Artículos:	Pág.
C. RIVERO, N. SENESI y V. D'ORAZIO. Los ácidos húmicos de leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la cuenca del lago de Valencia, Venezuela.....	133
Humic acids of leonardite on spectroscopic characteristics of organic matter of a soil in the Valencia Lake basin.	
V. MOTA SILVA y L. GARCÍA. Uso de subproductos industriales de tomate en el enriquecimiento de harina de maíz con fibra dietética y proteína para la elaboración de arepas.....	145
Use of tomato industrial by products to enrich corn flour with dietetic fiber and protein for the preparation of arepas.	
M. RUIZ y J. PAOLINI. El cultivo y el agua de riego sobre el carbono de la biomasa microbiana.....	161
Effects of cultivation and types of irrigation water on microbial biomass carbon.	
E. SOTO, L. AVILÁN, E. UNAI, M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. Comportamiento y características de algunos cultivares promisorios de mango.....	179
Behavior and characteristics of promising mango cultivars.	
M. RAMÍREZ-VILLALOBO, A. URDANETA-FERNÁNDEZ y G. VARGAS-SIMÓN. Tratamiento con ácido indolbutírico y lesionado sobre el enraizamiento de estacas de icaco (<i>Chrysobalamus icaco</i> L.).....	203
Evaluation of treatments with indolebutyric acid and lesions on rooting of icaco (<i>Chrysobalamus icaco</i> L.).	

Artículos:

Pág.

- C. CONTRERAS, L. O. de BERTORELLI, L. GRAZIANI de FARIÑAS y P. PARRA. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela..... 219
 Fermentors used by cocoa producers in Cumboto, Venezuela.

Nota:

- M. ACEVEDO, R. ÁLVAREZ, O. TORRES, W. CASTRILLO, O. MORENO, G. TORREALBA, E. REYES, M. NAVAS, N. DELGADO, M. SALAZAR y E. TORRES. Venezuela 21, nueva variedad de arroz de riego..... 233
 Venezuela 21, a new variety of rice under irrigation.

Instrucciones a los autores

LOS ÁCIDOS HÚMICOS DE LEONARDITA SOBRE CARACTERÍSTICAS ESPECTROSCÓPICAS DE LA MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA

Carmen Rivero*, Nicola Senesi** y Valeria D'Orazio**

RESUMEN

Los productores de bananos (*Musa AAA*), de la cuenca del Lago de Valencia (Venezuela), aplican al suelo soluciones de ácidos húmicos de leonardita (AHL) al 15%, cada tres meses, durante el ciclo de producción. El posible efecto de dichas aplicaciones sobre los ácidos húmicos del suelo (AHS) fue evaluado. Se obtuvieron AHS sin aplicación de AHL (T0) y suelos con un año (T1) y dos años (T2) de dicha aplicación. La caracterización de los AHS se realizó mediante análisis elemental y técnicas espectroscópicas: fluorescencia, infrarrojo con transformados de Fourier (IR-TF) y resonancia de spin electrón (ESR). Los resultados indican que el efecto de la aplicación de AHL sobre la estructura de los AHS es limitado: solo se observa una tendencia al incremento en el contenido de oxígeno y la concentración de radicales libres en los AHS.

Palabras Clave: Ácidos húmicos; suelos; leonardita; bananos (*Musa AAA*); Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de ácidos húmicos de leonardita (AHL) es una alternativa utilizada en los últimos años, por parte de los cultivadores de banano (*Musa AAA*) en el área de la cuenca del Lago de Valencia. El empleo de esta práctica es consecuencia de la penetración comercial, en el área, de

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

* Profesora. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: criver@telcel.net.ve

** Dip. to di Biologia e Chimica Agroforestale ed Ambientale. Università di Bari.

RECIBIDO: octubre 25, 1999.

empresas que comercializan estos ácidos. En este sentido el productor ha recibido información acerca de que el uso de estos materiales permite mantener o incrementar los contenidos de materia orgánica del suelo (MOS).

Los AHL son obtenidos comercialmente a partir de la roca leonardita, en Venezuela es posible obtener soluciones al 15% de dichos ácidos. La leonardita es una roca formada por oxidación de lignitos fósiles, a partir de la misma y por procesos industriales que incluyen homogeneización y tratamientos con agua y soluciones alcalinas se obtienen los ácidos húmicos (AH) que se expenden comercialmente.

Los agricultores de banano de la zona antes mencionada efectúan, por recomendación de las comercializadoras, aplicaciones de estos ácidos cada tres meses durante el ciclo de producción de la planta, es decir cuatro aplicaciones por año. Se parte del supuesto que dichas aplicaciones generan ventajas tales como incrementos en el contenido de MOS así como una mayor reactividad de la misma.

Ante estas expectativas, no validadas en las condiciones venezolanas, surgió la presente experiencia donde el objetivo principal fue evaluar los efectos reales que el manejo recomendado por las comercializadoras de AHL tienen sobre la estructura y calidad de los ácido húmicos del suelo (AHS).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de los suelos. En las plantaciones de cambur, de la zona bajo estudio, se tomaron muestras en parcelas comerciales a una profundidad comprendida entre 0 y 20 cm. Las áreas de muestreo fueron seleccionadas en forma tal que reflejaran diferencias en la aplicación de los AHL, en el tiempo, según las recomendaciones comerciales para un período de dos años. Esto permitió identificar tres áreas que fueron identificadas como los siguientes tratamientos:

T0= Sin aplicación de AHL

T1= Suelos con cuatro aplicaciones de AHL durante un año

T2= Suelos con ocho aplicaciones de AHL durante dos años

Los tratamientos con aplicación de AHL recibieron, en cada aplicación, la dosis comercial recomendada de 2,5 l ha⁻¹ de una solución comercial al 15% de AHL cada tres meses. La aplicación fue realizada a través del sistema de irrigación por microjet a toda la parcela. Ello indica que el T1 recibió un total de 10 l ha⁻¹ y el T2 20 l ha⁻¹.

Las principales características del suelo usado y la de los AHL utilizados, estas últimas según el análisis suministrado por las comercializadoras, se ilustran en los Cuadros 1 y 2, respectivamente.

Los AHS fueron obtenidos por extracción alcalina mediante el uso de una mezcla 1:1 NaOH/Na₄P₂O₇, ambos 0,1 M fueron además purificados y liofilizados según Rivero *et al.* (1998a). Obtenidos los AH mediante acidificación, purificación de los ÁHS se procedió a la caracterización de los mismos mediante el uso de análisis elemental, infrarrojo con transformaciones de Fourier, fluorescencia de emisión, excitación y sincronía y resonancia de spin electrón. Estos últimos fueron realizados en el Istituto di Chimica Agraria, Università di Bari.

La preparación de las muestras para cada tipo de análisis se realizó según Rivero *et al.* (1998a). Es conveniente acotar que la información obtenidas es eminentemente descriptiva y en consecuencia difícilmente manejable desde el punto de vista estadístico, sin embargo, no resta importancia a los posibles efectos de la aplicación de AHL sobre las características químicas, especialmente las espectrales de los AHS.

CUADRO 1. Características del suelo usado.

Parámetro	Magnitud
pH H ₂ O	7,40
Capacidad de intercambio catiónico (cmol kg ⁻¹)	6,24
Carbono orgánico (g kg ⁻¹)	12,50
Nitrógeno total (g kg ⁻¹)	9,50
Fósforo disponible (mg kg ⁻¹)	76,00
Potasio disponible (mg kg ⁻¹)	136,00
Textura	Franca
Orden	Inceptisol

CUADRO 2. Características de la solución de AHL.

Parámetro	Porcentaje
Ácidos húmicos (%)	15,00
Carbono en ácidos húmicos (%)	49,03
Hidrógeno en ácidos húmicos (%)	5,10
Nitrógeno en ácidos húmicos (%)	1,12
Azufre en ácidos húmicos (%)	0,25
Oxígeno en ácidos húmicos (%)	44,50

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición elemental de los AHS (Cuadro 3) fue similar a la encontrada en otros suelos por Rivero *et al.* (1998 a y b), sin embargo, se observa que la aplicación de AHL induce ligeras modificaciones en el contenido de algunos elementos: descenso del contenido de hidrógeno y nitrógeno e incrementos en el contenido de oxígeno. Ahora bien, la magnitud de las modificaciones observadas es muy pequeña pero ello podría evidenciar un posible incremento de los grupos funcionales oxigenados presentes en la molécula de los AHS como consecuencia de la incorporación de un material con mayor contenido de oxígeno (Cuadro 2). Este efecto es altamente deseable dada su relación con la capacidad reactiva de la materia orgánica del suelo (MOS).

CUADRO 3. Composición elemental y relaciones atómicas de los AHS.

Tratamiento	C	H	N	S	O	C/N	C/H	OC
T0	48,18	4,05	4,56	0,54	42,64	12,27	1,00	0,66
T1	48,65	3,83	3,55	0,41	43,56	16,22	1,06	1,52
T2	48,20	3,88	3,36	0,31	44,25	16,74	1,04	1,45

El análisis mediante el uso de espectroscopía infrarrojo con transformadas de Fourier produjo los espectros mostrados en la Figura 1. En todos los casos fue posible identificar las siguientes bandas:

- Una intensa banda alrededor de $3\ 400\text{ cm}^{-1}$ asociada al estiramiento de radicales OH presentes en grupos funcionales hidroxilados.
- Una pareja de picos de similar intensidad a $2\ 923\text{--}2\ 925$ y $2\ 848\text{--}2\ 855\text{ cm}^{-1}$ debidas al estiramiento del enlace C - H en cadenas alifáticas.
- Un intenso pico alrededor de $1\ 595\text{--}1\ 597\text{ cm}^{-1}$, el cual es generalmente atribuido a la vibración del C = C aromático.
- Una banda alrededor de $1\ 382\text{--}1\ 384\text{ cm}^{-1}$ debido al estiramiento simétrico del grupo COO^- .

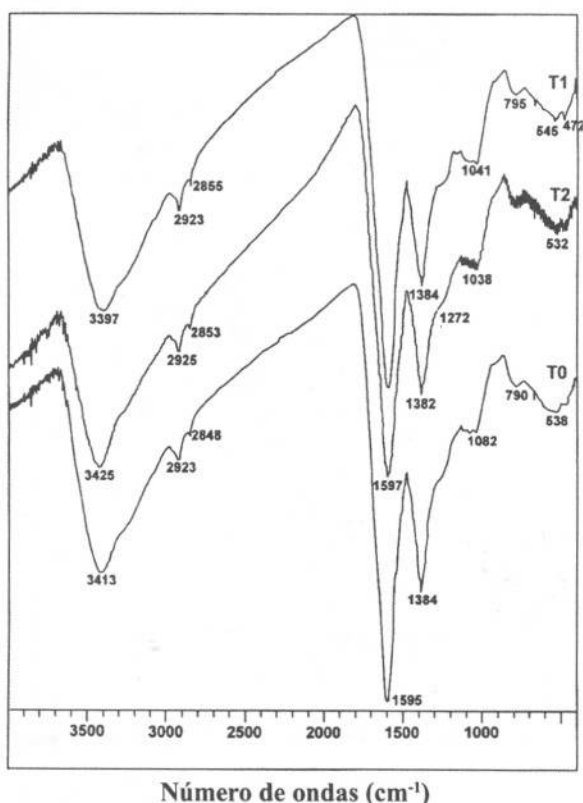


FIGURA 1. Espectros IR-TF de los AHS.

En general, dichos espectros son similares a los obtenidos como característicos para AHS y no se detectaron diferencias importantes ni con lo reseñado en otras investigaciones (Yonebayashi y Hattori, 1989; Stevenson, 1994; Rivero *et al.*, 1997; Rivero *et al.*, 1998 a y b), ni entre los distintos tratamientos de manejo.

El uso de la fluorescencia como técnica de caracterización tampoco permitió detectar diferencias relevantes entre los tratamientos de manejo utilizados. Las Figuras 2, 3 y 4 ilustran los espectros obtenidos para fluorescencia de emisión, excitación y sincronía, respectivamente.

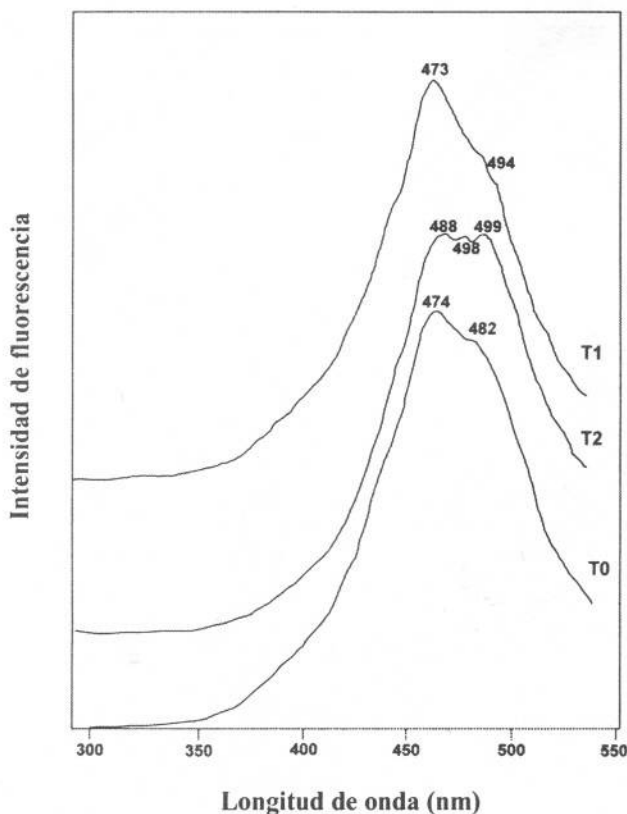


FIGURA 2. Espectros de fluorescencia de emisión.

En el caso de los espectros de emisión (Figura 2) se utilizó un rango de barrido de 380–550 nm con una energía de excitación fija de 360 nm. Para los espectros de excitación el rango de barrido usado fue 270–500 nm, mientras se mantenía constante la longitud de onda de emisión en 520 nm. En el caso de la obtención de espectros sincronizados o de sincronía se realizó un barrido entre 290–550 nm con variación simultánea de las longitudes de onda de emisión y excitación, pero se mantuvo una diferencia constante de 18 nm entre ambas longitudes de onda.

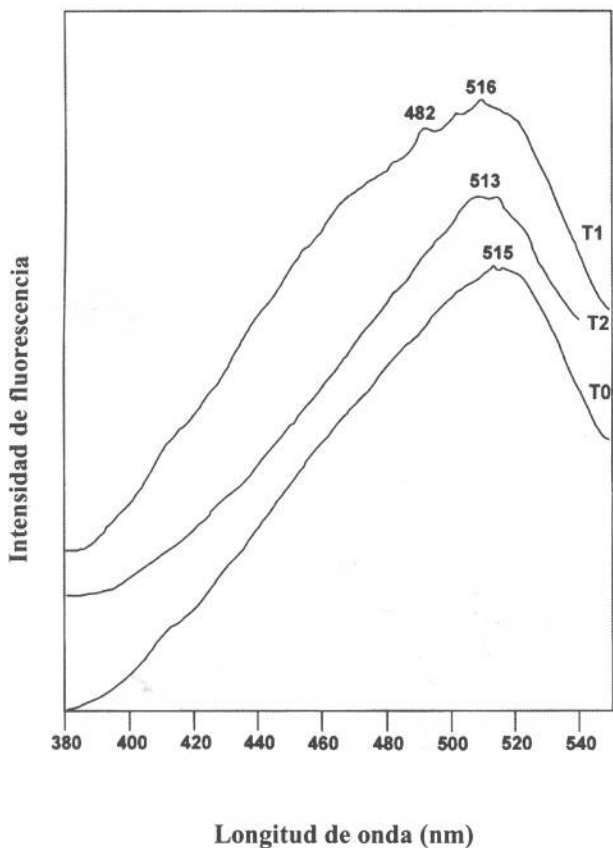


FIGURA 3. Espectros de fluorescencia de excitación.

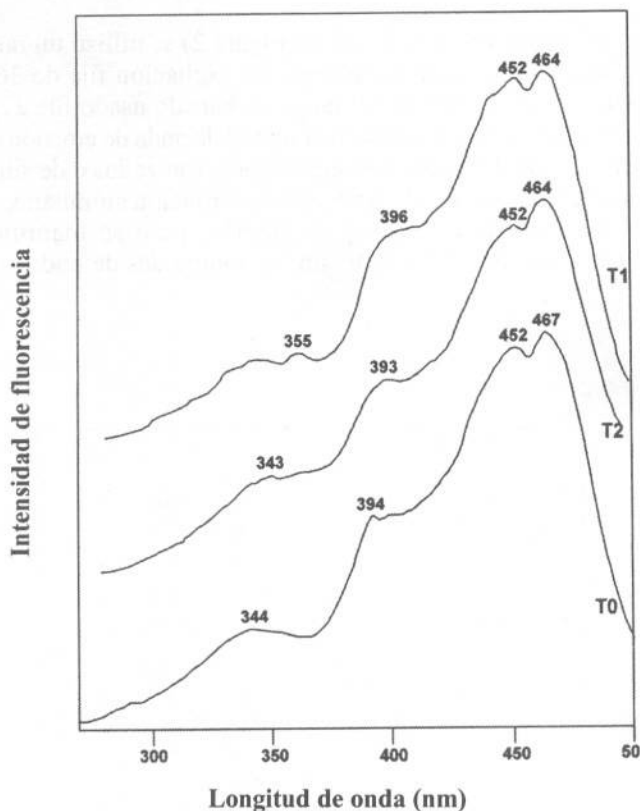


FIGURA 4. Espectros de fluorescencia sincronizados.

De manera general los espectros de fluorescencia e infrarrojo para AHS resultaron similares a los encontrados por otros autores (Ghosh y Schnitzer, 1980; Senesi *et al.*, 1991; Rivero *et al.*, 1997; Rivero *et al.*, 1998 a y b).

No obstante, la gran similitud encontrada en un análisis detallado de los espectros permitió calcular y detectar que la aplicación de AHL indujo un descenso de la intensidad de fluorescencia relativa (IFR), (Cuadro 4). La obtención de espectros de fluorescencia con aparición de bandas a elevadas longitudes de onda son considerados como característicos de AH que presentan núcleos altamente sustituidos o sistemas conjugados insaturados.

El descenso de la IFR observado podría derivarse de la producción de un incremento en la relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos posible consecuencia de la aplicación de AHL.

Los espectros ESR son mostrados en la Figura 5 y los parámetros ESR en el Cuadro 4. Todos los espectros ESR muestran una señal de resonancia a un valor g de 4,3-4,2 este valor es típico de la presencia de Fe^{3+} , en complejos intra esfera en coordinación tetraédrica u octaédrica con la MOS, lo cual ha sido señalado para otros suelos del país (Rivero *et al.*, 1997, 1998 a y b).

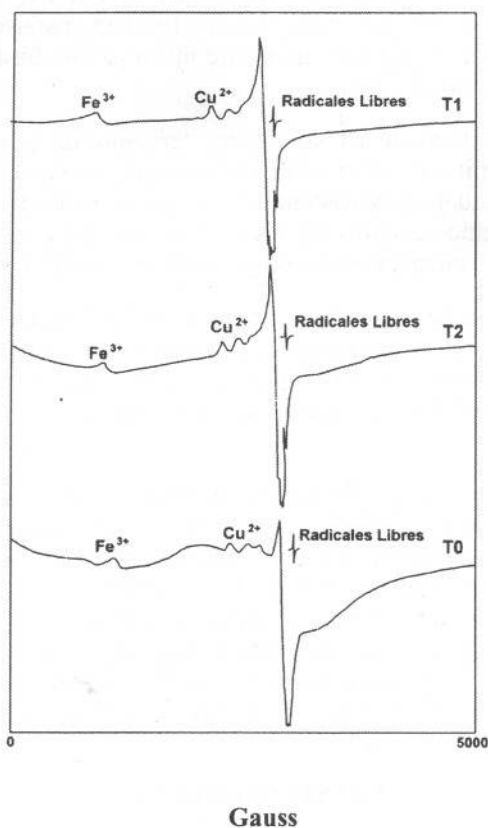


FIGURA 5. Espectros ESR.

CUADRO 4. Parámetros espectroscópicos de los AHS obtenidos.

Tratamiento	IFR	Radicales libres Spin 10^{17} g ⁻¹	Amplitud de líneas (Gauss)	Valor g
T0	4,7	7,02	6,8	2,0041
T1	3,8	8,10	6,9	2,0045
T2	2,5	9,43	7,1	2,0044

Además, otra señal de resonancia con un $g\parallel$ alrededor de 2,267 y un $g\perp$ alrededor de 2,068 característico de la presencia de Cu^{2+} en complejos intraesfera, este tipo de complejos ha sido reseñado para suelos de clima templado (Senesi, 1992) pero no existe información, hasta ahora de su presencia en suelos del país.

Ahora bien, el cálculo de los parámetros derivados de los espectros ESR (Cuadro 4) permitió detectar un incremento en la concentración de radicales libres, lo cual es consistente con el incremento del contenido de oxígeno detectado (Cuadro 3). Estos cambios, tal como se indicara, pueden ser consecuencia de la composición de los AHL incorporados.

Los resultados indican que la aplicación de AHS en el suelo tiene un efecto limitado sobre la estructura y propiedades espectroscópicas de los AHS, al menos en las dosis que comercialmente se recomiendan al agricultor y para el lapso de aplicación, uno y dos años, evaluado en esta experiencia.

Sin embargo, el uso de AHL parece promover una tendencia hacia el incremento en la reactividad de los AHS al incrementar del contenido de oxígeno y radicales libres de los mismos, esto llevaría a pensar que una aplicación sistemática de estos AHL o materiales semejantes podría, a largo plazo, ayudar a mejorar la calidad de la materia orgánica de estos suelos. No obstante queda planteada la interrogante acerca de la necesidad de evaluar las dosis y frecuencia de aplicación más apropiadas a las condiciones edafoclimáticas imperantes en Venezuela.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la UCV por el soporte financiero para esta investigación.

SUMMARY

Banana (*Musa AAA*) farmers in the Valencia lake basin, Venezuela, apply 15% of leonardite humic acid solution to the soil every three months during the banana cycles production. The possible effects of these applications on soil humic acid were evaluated. Soil humic acids were obtained from fields which received no leonardite humic acid (T0) and soils with one year (T1) and two years (T2) of application. Soil humic acids were characterized by elemental analysis and spectroscopic techniques: fluorescence, fourier transforms infrared and electron spin resonance. Results indicate that the effects of leonardite humic acid applications on the structure of soil humic acids are limited: only an increasing trend of oxygen contents and free radical concentration in the soil's humic acids was observed.

Key Words: Humic acid; soil; leonardite; banana (*Musa AAA*); Venezuela.

BIBLIOGRAFÍA

GHOSH, K. G. and M. SCHNITZER. 1980. Fluorescence excitation spectra of humic substances. *Can. J. Soil Sci.* 60:373-379.

RIVERO, C., J. PAOLINI, N. SENESI and V. D'ORAZIO. 1997. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos de *Crotalaria juncea* sobre la calidad de la materia orgánica de un suelo. *Rev. Fac. Agronomía. (Maracay)*. 23(1):77-93.

RIVERO, C., N. SENESI, J. PAOLINI and V. D'ORAZIO. 1998a. Characteristic of humic acid of some Venezuelan soils. *Geoderma*. 81(3-4):227-239.

RIVERO, C., J. PAOLINI, N. SENESI and V. D'ORAZIO 1998b. Spectroscopic characterization of humic acid from a soil toposequence in Venezuelan Plains (Llanos). *Comun. Soil Plant Anal.* 29(19/20):2 893-2 904.

SENESE, N. 1988 Applicazioni della spettroscopia di risonanza elettronica di spin (ESR) allo studio delle sostanze umiche, dei complessi umo-metallici e delle interazioni umo-organiche. *Giornata di studio sull'analisi del suolo. SISS e UNICHIM. Verona, Italy.* 117 p.

SENESI, N. 1992. Metal-humic substances complexes in the environment. Molecular and mechanistic aspect by multiple spectroscopic approach. In Biogeochemistry of trace metals. D. C. Adriano (Ed.) London, Lewis Publishers. pp. 429-496.

SENESI, N., T. M. MIANO, M. R. PROVENZANO and G. BRUNETTI. 1991. Characterization, differentiation and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy. *Soil Sci.* 152:259-271.

STEVENSON, F. J. 1994. *Humus Chemistry. Genesis-Composition-reactions.* Wiley, New York. 496 p.

YONEBAYASHI, K. and T. HATTORI. 1989. Chemical and biological studies on environmental humic acids. II. ¹H-NMR and IR spectra of humic acids. *Soil Sci. Plant Nutr.* 35:383-392.

USO DE SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES DE TOMATE EN EL ENRIQUECIMIENTO DE HARINA DE MAÍZ CON FIBRA DIETÉTICA Y PROTEÍNA PARA LA ELABORACIÓN DE AREPAS

Victoria Mota Silva* y Luis A. García**

RESUMEN

Con el objeto de evaluar los subproductos obtenidos del procesamiento industrial del tomate (SIT), *Lycopersicon esculentum* L., y el efecto nutricional y sensorial que ejercen sobre la harina de maíz comercial, se realizó un estudio dividido en dos etapas. En la primera se evaluó nutricionalmente harinas compuestas de maíz y SIT, este último sustituyendo al maíz en niveles de: 0%, 5%, 10% y 15%. Con la incorporación del SIT se incrementó significativamente el valor nutricional en la mayoría de las variables estudiadas ($P \leq 0,05$). La harina con 15% de SIT presentó los mayores valores de fibra dietética (12,61%), proteínas (10,45%), grasa (2,51%), cenizas (1,11%) y minerales; mientras que los más altos valores de almidón (77,42%), digestibilidad *in vitro* de las proteínas (99,07%) y del almidón (67,32%) los presentó la fórmula que no incorporó el SIT. En la segunda etapa se procedió a evaluar sensorialmente las arepas obtenidas a partir de las harinas, observándose que el panel evaluador no encontró diferencia significativa ($P \geq 0,05$) en cuanto al color, olor, sabor y preferencia global entre las arepas con 5% y 10% del SIT, mientras que para la textura sí hubo diferencias, notándose que a medida que se incorporó más SIT, la textura fue menos aceptada, vinculándose posiblemente a la cantidad de fibra dietética contenida en el mismo y su efecto sobre la capacidad de retención de agua de las arepas. Las arepas con 15% del SIT tuvieron la menor aceptación, principalmente por su sabor, color y textura, así como en la preferencia global al ser comparadas con las otras arepas.

Palabras Clave: *Lycopersicon esculentum*; *Zea mays* L.; pan de maíz; fibra dietética; proteínas; minerales; digestibilidad de la proteína; digestibilidad del almidón.

1 Financiado por Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Proyecto N° 01-37-4701-2000.

* Ingeniero Agrónomo y ** Profesor Titular, respectivamente. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela.

RECIBIDO: abril 4, 2003.

INTRODUCCIÓN

La industria del tomate genera cantidades considerables de residuos constituidos por la piel y semillas, a los cuales se les da el nombre de subproducto industrial de tomate (SIT), el cual, por lo general, contiene cantidades importantes de factores nutricionales (Alvarado *et al.*, 1999). Son muchos los estudios realizados en torno al aprovechamiento de estos residuos; sin embargo, todos ellos van dirigidos a su utilización en la elaboración de pan, en la industria aceitera y en la obtención de concentrados proteicos para animales (Egui y Rodenas, 1993).

Un estudio sobre las características y propiedades nutricionales del residuo de tomate, obtenido tras la elaboración de salsa, revela que el mismo presenta un alto contenido de proteínas y fibra dietética (Alvarado *et al.*, 2001). Esta última es utilizada por la industria alimentaria desde hace varias décadas, como agente texturizante y, gracias a sus atributos y propiedades benéficas sobre el funcionamiento del tracto gástro-intestinal, es considerada un componente esencial en la dieta, recomendándose su inclusión en la misma, bien sea como aislados o formando parte del alimento (Wustsch, 1994).

Alvarado *et al.* (1999) estudiaron el efecto de la fibra dietética presente en el residuo industrial de tomate sobre la absorción de glucosa y el colesterol sérico en ratas, los resultados indican que la misma, al ser incorporada en la dieta a distintos niveles, tuvo un efecto beneficioso sobre la respuesta glicémica y el nivel del colesterol sérico, lo cual hace factible su utilización como fuente de fibra dietética para el enriquecimiento de productos alimenticios.

Cantarelli *et al.* (1990), encontraron un alto contenido de proteína cruda, al evaluar la composición y perfil de aminoácidos en residuos industriales de tomate, por lo que recomiendan el uso de la proteína de la semilla para mejorar la calidad proteica de alimentos. De igual manera, Tovar y Bravo (1999) obtuvieron concentrados proteicos a partir de residuos de tomate, encontrando un contenido de proteínas de 20,42%, fundamentalmente en las semillas.

Por lo antes expuesto y tomando en consideración que en Venezuela, hay un consumo masivo de harina de maíz precocida en forma de arepa (pan de maíz) y que el valor nutritivo de la misma en general es relativamente bajo (Blanco *et al.*, 2000), surge la idea de sustituir parcialmente

cierta cantidad de harina de maíz por harina del SIT, con el objeto de lograr que el aporte de este alimento, considerado como una de las principales fuentes de calorías en la dieta venezolana (INN-ULA, 2000) sea mayor, incrementando principalmente el contenido de fibra dietética, proteína y minerales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las harinas compuestas y evaluación física

La harina del SIT se obtuvo tras la deshidratación de 24 kg de piel y semillas de tomate en un secador de bandeja con una velocidad del aire de $4 \pm 0,14$ m/s a 75° C, por un tiempo de 12 h, hasta una humedad final de 4,90%. El subproducto deshidratado fue molido y pasado primero por una malla de 2 mm y luego por una de 1 mm, para obtener 3,3 kg de harina fina del SIT, lo cual representa un rendimiento del residuo en harina de 13,75%.

Tanto a la harina del SIT como a la harina de maíz precocida comercial, se les realizó el análisis de granulometría, a partir de una muestra de 250 g de c/u. Este análisis se realizó por triplicado, procediendo según la metodología establecida por la A.A.C.C (1996).

Posteriormente, se procedió al mezclado de la harina de maíz y la harina del SIT a distintos niveles de sustitución (0%, 5%, 10% y 15%); las mezclas fueron homogenizadas mediante agitación por 10 min, luego transferidas a envases de plástico y almacenadas a temperatura ambiente.

Análisis químico de las harinas

A la harina del SIT se le determinó el contenido de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda, fibra dietética (A.O.A.C, 1997) y almidón total (McCready *et al.*, 1950).

Luego se procedió a realizar los mismos análisis a las harinas compuestas y, adicionalmente, la determinación de los minerales calcio, sodio, potasio, magnesio y fósforo (A.O.A.C, 1997), también la digestibilidad *in vitro* de las proteínas (Akeson y Stahman, 1964) y la digestibilidad *in vitro* del almidón (Deshpande y Salunke, 1982).

Todos los análisis fueron realizados por triplicado y para la evaluación estadística se utilizó un diseño completamente aleatorizado, efectuando comparaciones de medias entre tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan a un nivel de significancia del 5%. A la variable almidón, por no cumplir con los supuestos, se le aplicó la transformación por arcotangente. Luego de esto se realizó el análisis de varianza (ANAVAR) y las pruebas de medias correspondientes.

La digestibilidad *in vitro* del almidón fue estudiada utilizando un diseño de tratamientos con arreglo factorial 4x5, con tres repeticiones por tratamiento, donde el factor A está constituido por los niveles de sustitución y el factor B por las mediciones a lo largo del tiempo. Los factores A y B se analizan mediante Kruskal-Wallis, y la interacción, por medio de la representación gráfica al no cumplir con los supuestos del análisis de varianza.

Elaboración de las arepas enriquecidas con el SIT y evaluación sensorial

Se pesaron 100g de c/u de las harinas en una balanza granataria, para ser mezclados con 1,5 g de sal y 200 ml de agua potable. Se amasó durante 10 min hasta obtener una masa de consistencia suave y uniforme y se dejó reposar por 3 min. Luego se pesaron 120 g de masa para el moldeado de cada arepa y posterior cocción en Tosty arepas® por un tiempo de 7 min.

La evaluación sensorial de las arepas se llevó a cabo en dos sesiones consecutivas, por medio de una prueba de preferencia realizada a 60 panelistas no entrenados y utilizando una escala hedónica de categorización no dimensionada de cinco (5) puntos donde se mide el grado de aceptabilidad, por medio de la evaluación del color, sabor, olor, preferencia global y textura: 5: me gusta muchísimo; 4: me gusta mucho; 3: me es indiferente; 2: me disgusta un poco; 1: me disgusta muchísimo. Para evitar que el color de las muestras influyese en la opinión de los panelistas con respecto a los demás atributos, se colocaron bombillos de color rojo en la sala de evaluación a fin de enmascarar el color, siendo este atributo el último en evaluar.

A los resultados obtenidos de esta evaluación se les aplicó prueba para muestras relacionadas de Friedman, con el fin de determinar la existencia de homogeneidad de criterio entre catadores; luego se compararon los rangos de cada tratamiento en la prueba de comparación múltiple, utilizando un valor crítico obtenido de la tabla de Basker, para $n=60$ y tres (3) tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de las harinas

La harina de maíz precocida y la harina del SIT presentaron una granulometría similar, quedando retenido el mayor porcentaje de las mismas en el tamiz de 60 mallas, con un tamaño de partículas de 0,246 mm (Cuadro 1). Esta similitud es importante, ya que garantiza que las harinas compuestas resultantes de la sustitución a distintos niveles (0%, 5%, 10% y 15%) presenten una distribución homogénea de las partículas, lo cual, tomando en cuenta que la harina de maíz y la harina del SIT se diferencian notablemente en color, determina la uniformidad del producto final a obtener.

Composición química de las harinas

En el Cuadro 2 se presentan los datos de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, almidón y fibra dietética de la harina del SIT, donde se observa que la misma posee un alto contenido de proteína y grasa cruda, mostrándose además como una excelente fuente de fibra dietética al presentar en su composición un 51,35% de esta fracción. Este valor es similar al reportado por Vega (1995) para afrecho de tomate (49,03%) e inferior al referido por Alvarado *et al.* (1999) para el mismo material (55,1%). Por otra parte, la harina del SIT puede ser considerada como un material con un alto contenido de cenizas, al ser comparado con el de la harina de maíz precocida y la harina de arroz (0,49%), de acuerdo con Sequera (1994).

Cuadro 1. Granulometría de la harina del subproducto industrial de tomate (SIT) y la harina de maíz precocida (% de harina retenida / tamiz).

Tamaño del tamiz		Hna. del SIT	Hna. de maíz
0,840 mm	20 mallas	0,70 ± 0,149	0,03 ± 0,015
0,246 mm	60 mallas	92,15 ± 0,232	93,88 ± 1,01
0,147 mm	100 mallas	5,9 ± 0,153	5,39 ± 0,47
0,074 mm	200 mallas	0,26 ± 0,122	0,72 ± 0,08

CUADRO 2. Composición de la harina de subproducto industrial de tomate (SIT) en base seca, g 100 g⁻¹.

Componentes	Contenido
Humedad	4,92 ± 0,10
Ceniza	4,91 ± 0,05
Proteína Cruda	22,65 ± 0,05
Grasa Cruda	11,80 ± 0,11
Almidón	0,87 ± 0,10
Fibra Dietética	51,35 ± 0,17

* Promedios y desviación estándar de tres determinaciones.

En relación con el contenido de almidón, la harina del SIT presentó un valor muy bajo, razón por la cual este material no puede ser utilizado como fuente de almidón. Sin embargo, por la cualidad de presentar un alto contenido de proteína cruda, sería de gran valor su incorporación en alimentos derivados de cereales, los cuales son ricos en almidón y deficientes tanto en cantidad como en calidad proteica.

En cuanto a la composición nutricional de las harinas compuestas, en líneas generales, se observa que a medida que el nivel de sustitución con harina del SIT es mayor, ocurre un incremento significativo de casi todos los componentes nutritivos de las harinas (Cuadro 3), arrojando los valores más elevados de cenizas, proteína cruda, grasa cruda y fibra dietética la harina con el mayor contenido del SIT (15%), aún cuando sólo a un nivel de sustitución del 15% se logra incrementar significativamente el contenido de grasa. Esto resulta satisfactorio, ya que un incremento significativo en el contenido de grasa de la harina puede interferir en la calidad y estabilidad de la misma durante el almacenamiento, provocando la rancidez oxidativa del producto (Belitz y Grosch, 1997).

La humedad de las harinas compuestas estuvo comprendida entre valores ubicados por debajo del límite máximo de humedad establecido por COVENIN (1994) para la harina de maíz (13,5%), a fin de garantizar la estabilidad de la misma durante el almacenamiento.

CUADRO 3. Composición de las harinas compuestas a los distintos niveles de sustitución (Base seca).

Componentes	0%	5%	10%	15%
% Humedad	9,07±0,11 c	10,18±0,02 a	10,18±0,05 a	9,90±0,14 b
% Ceniza	0,35±0,05 d	0,59±0,03 c	0,78±0,01 b	1,11±0,03 a
% Proteína Cruda	8,13±0,01 d	8,95±0,25 c	9,41±0,24 b	10,45±0,24 a
% Grasa Cruda	1,83±0,03 b	1,82±0,09 b	1,95±0,25 b	2,51±0,16 a
% Almidón	77,42±0,39 a	73,78±0,05 b	69,97±0,01 c	66,56±0,16 d
% F. Dietética	5,59±0,16 d	7,93±0,04 c	10,29±0,02 b	12,61±0,02 a
% P	0,14±0,02 d	0,19±0,01 c	0,23±0,01 b	0,33±0,02 a
% K	0,12±0,01 b	0,11±0,02 b	0,15±0,01 a	0,15±0,02 a
% Ca	0,06±0,03 c	0,07±0,01 bc	0,10±0,01 b	0,13±0,06 a
% Na	0,03±0,02 a	0,03±0,01 a	0,04±0,01 a	0,05±0,01 a
% Mg	0,08±0,01 c	0,10±0,01 b	0,11±0,01 ab	0,12±0,01 a

P = Fósforo; K = Potasio; Ca = Calcio; Na = Sodio; Mg = Magnesio. Los promedios que presentan letras diferentes en una misma fila, difieren a un nivel de significancia del 5%.

Todos los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas entre sí en lo que respecta al contenido de almidón en las harinas compuestas, a medida que se incorporó más harina del SIT, el contenido de almidón disminuyó de forma significativa. El primer grupo estadístico (a) estuvo representado por la harina al 0% (harina de maíz precocida) con un 77,42% de almidón, valor ligeramente inferior al referido por Peña (2000) de 78,25%.

El valor de fibra dietética obtenido para la formula sin sustitución (0%) (Cuadro 3), fue superior al señalado por Pacheco, citado por Peña (2000), para una muestra de harina comercial de la misma marca (4,2%). Blanco *et al.* (2000), encontraron valores de fibra dietética de 10%, constituida básicamente por fibra insoluble, coincidiendo con Bressani *et al.* (2001), quienes refieren un valor promedio de fibra dietética total de 10,24%, constituida en un 79,30% por fibra insoluble y en 20,61% por fibra soluble.

Hubo un aumento de los niveles de calcio, potasio, magnesio y fósforo en forma significativa para todos los tratamientos, siendo mayor a medida que el grado de sustitución con el SIT fue más alto. Para el sodio no se encontró diferencias significativas entre tratamientos.

El mineral fósforo fue el que mostró mayor variación entre tratamientos, ocurriendo un incremento en el mismo de 136% en relación con la harina sin el SIT y con una variación de 0,14 g a 0,33 g por cada 100 g de harina. Bressani *et al.* (2001) indican que para la harina de maíz precocida, un contenido de fósforo de 0,27 g 100 g⁻¹, valor superior al obtenido en la presente investigación para la harina al 0% de sustitución (0,14 g 100 g⁻¹). De igual manera, el contenido de potasio obtenido para la harina de maíz fue inferior al reportado por los mismos autores de 0,25 g 100 g⁻¹, con una variabilidad de 0,12 a 0,15 g 100 g⁻¹.

En relación con el calcio y el magnesio, en ambos casos se diferenciaron tres grupos estadísticamente diferentes, presentando una fluctuación entre el nivel más bajo y el más alto de sustitución de 0,06 a 0,13 g 100 g⁻¹ y de 0,08 a 0,12 g 100 g⁻¹, respectivamente.

La evaluación de la digestibilidad *in vitro* y del almidón de las harinas compuestas, revelan que para ambas variables ocurrió una disminución altamente significativa al aumentar el nivel de sustitución con el SIT. La digestibilidad de la proteína varió entre 99,07% para la harina de maíz y 96,98% para la harina al 15% de sustitución, diferenciándose cuatro grupos estadísticamente diferentes (Cuadro 4).

Los resultados de la digestibilidad *in vitro* del almidón (Cuadro 5) indican que para un tiempo de 120 min el valor más alto de digestibilidad lo presentó la formula sin sustitución (0%), mientras que el menor valor correspondió a la harina al 15%. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Peña (2000) quien observó que a mayor nivel de sustitución disminuía la digestibilidad, cuando evaluó la harina de maíz sustituida a distintos niveles por salvado de arroz.

CUADRO 4. Digestibilidad *in vitro* de la proteína de las harinas, a distintos niveles de sustitución.

Tratamiento	% Digestibilidad
0%	99,07±0,025 a
5%	98,75±0,046 b
10%	97,64±0,061 c
15%	96,98±0,060 d

Letras diferentes indican diferencias significativas a un nivel de 5%.

En la Figura 1 se observa el comportamiento de la digestibilidad del almidón, en función del tiempo; independientemente del nivel de sustitución, el comportamiento fue similar para todas las muestras, es decir, hay un aumento sostenido en el grado de hidrólisis. Por otro lado, se evidencia lo establecido previamente, la disminución de la hidrólisis del almidón con la incorporación de la harina del SIT, especialmente a tiempos de hidrólisis mayores de 60 min.

El comportamiento de estas variables a los distintos niveles de sustitución puede atribuirse al efecto de la fibra dietética, aportada por la harina del SIT, sobre la acción de la enzima amilasa, impidiendo su acceso al almidón y evitando su hidrólisis, así como sobre la enzima pepsina, al acelerar el tránsito intestinal e imposibilitar que la misma actúe sobre la molécula proteínica, evitando el desdoblamiento de ésta en moléculas de menor tamaño (FUNDACA, 2001). Debido a estos efectos, está comprobado que el contenido de fibra dietética del alimento y la rigidez de la pared celular se comportan como factores antinutritivos que reducen la digestibilidad del almidón y de las proteínas (Melito y Tovar, 1995).

Sin embargo, cabe destacar que si bien hubo una disminución significativa en la digestibilidad de estas dos fracciones, las mismas presentaron valores bastante aceptables aún en el nivel más alto de sustitución con el SIT al ser comparada con la de otros alimentos, tales como la harina de sorgo, con una digestibilidad promedio de la proteína de 63,31% (Navas, 1997). Esta alta digestibilidad podría atribuirse al proceso de refinación y precocción a la que está sometida normalmente la harina precocida de

maíz (Deka y Sood, 2001). Por su parte, Parra y Pacheco, citados por Peña (2000) señalan que la hidrólisis enzimática del almidón en la harina de maíz es mayor que en la del plátano, demostrando que la harina de maíz no se comporta como un almidón resistente.

CUADRO 5. Digestibilidad *in vitro* del almidón en las harinas, a distintos niveles de sustitución.

Tratamiento (Sustitución)	% Hidrolizado (a los 20 min)
0%	67,32±0,11 a
5%	65,93±0,05 b
10%	63,79±0,04 c
15%	62,86±0,05 d

Letras diferentes en cada columna, indican diferencias altamente significativas a un nivel de 5%.

Análisis de la Evaluación Sensorial

De acuerdo a las pruebas estadísticas, sólo existió diferencia significativa entre los tratamientos de 5% y 15% de sustitución para todos los atributos, a excepción de la textura, donde se identificaron dos grupos estadísticamente diferentes, representados en primer lugar por las arepas al 5% de sustitución y en segundo lugar por las arepas al 10 y 15% de sustitución (Cuadro 6). Los valores de rangos de medias obtenidos para todos los parámetros en las tres formulaciones (5%, 10% y 15%), se ubicaron en el rango inferior de la escala hedónica (1-3), mostrando una baja aceptabilidad de las mismas.

Ésto pudo deberse al hábito creado en los panelistas hacia el consumo de la arepa tradicional, con color, textura y sabor característico, por lo que hay que tomar en consideración que la idea central para la utilización de estas formulaciones es el desarrollo de un nuevo producto, creado pensando en consumidores con regímenes de alimentación especial o con preferencia por alimentos no convencionales.

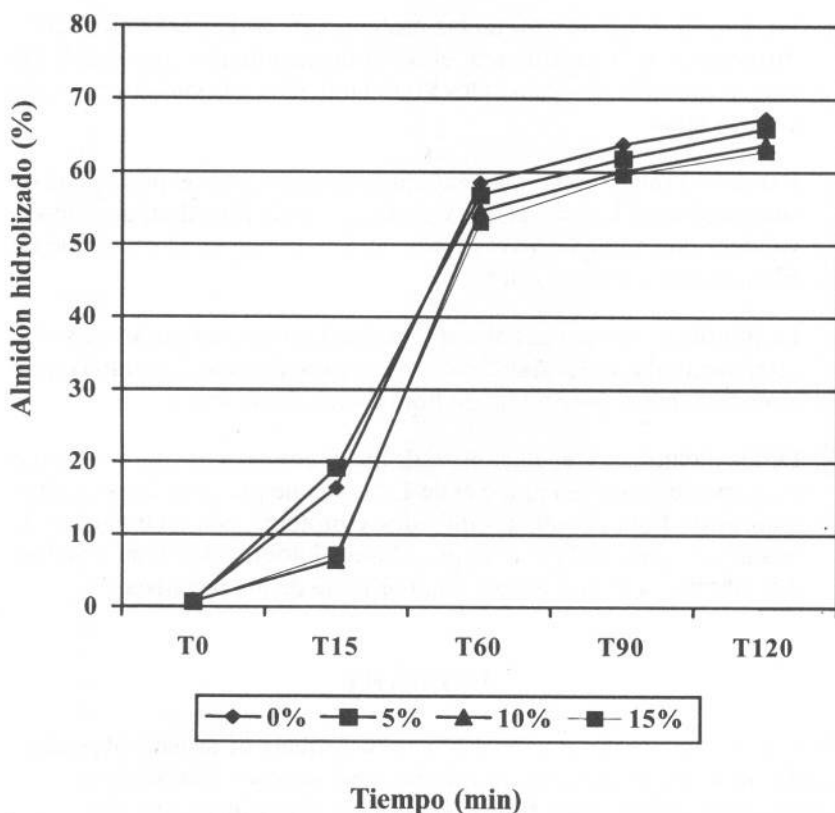


FIGURA. Digestibilidad *in vitro* del almidón a los distintos niveles de sustitución a lo largo del tiempo (%).

CONCLUSIONES

- Con la incorporación de la harina del SIT a la harina de maíz, se incrementó significativamente el contenido de proteínas y cenizas; mientras que para la variable grasa cruda, solo al nivel más alto de sustitución (15%) se manifestó un ligero incremento de la misma.
- El contenido de minerales Ca, P, K y Mg se elevó satisfactoriamente con la suplementación, no así el contenido de Na.

- La digestibilidad *in vitro* de las proteínas en las harinas compuestas disminuyó en la medida que el nivel de sustitución con el SIT fue mayor. Sin embargo, para todos los tratamientos esta variable presentó valores altos.
- Existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de sustitución con harina del SIT y el contenido de fibra dietética, observándose que a mayor nivel de sustitución, mayor es el contenido de fibra dietética en las harinas.
- La hidrólisis *in vitro* del almidón de las harinas compuestas mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, disminuyendo a medida que el porcentaje de fibra dietética fue mayor.
- De los tratamientos evaluados, el de mejor comportamiento en cuanto a composición química, fue el de 15%, ya que presentó los más altos valores de fibra dietética, minerales y proteína. Sin embargo, en la evaluación sensorial de las arepas a los distintos niveles de sustitución, éste obtuvo la menor aceptación por parte de los panelistas.

SUMMARY

This study was performed to evaluate the effects of tomato byproduct (SIT) on some nutritional properties and sensory characteristics of commercial instant corn flour. In the first experiment, the flour was substituted with tomato byproduct (SIT) at 5%, 10% and 15% levels. The 15% level showed the highest values ($P \leq 0,05$) of dietary fiber (12,61%), protein (10,45%), fat (2,51%), ash (1,11%) and minerals. The 0% of SIT showed the highest values of starch (77,4%), *in vitro* protein digestibility (99,07%) and starch hydrolysis (67,3%). The sensory evaluation of arepas made from four different levels of substitution indicated no significant difference ($P \geq 0,05$) for color, aroma, flavor and global preference at 5% and 10% levels. Texture was noticeable different in all samples. As we increase the SIT level, texture was more rejected by the panel, probably due to the increase of dietary fiber and its capacity for holding water. Arepas made with 15% of substitution ranked the lowest in flavor, color, texture and global preference.

Key Words. *Lycopersicon sculentum*; dietary fiber; protein; minerals; protein digestibility; starch hydrolysis.

BIBLIOGRAFÍA

AKESON, W. and M. STAHMANN. 1964. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *Journal of Nutrition* 83:257-261.

ALVARADO, A., E. PACHECO and P. HEVIA. 2001. Value of tomato byproducts as a source of dietary fiber in rats. *Plant Foods for Humans Nutrition* 56:335-348.

ALVARADO, M., E. PACHECO, M. SCHNELL and P. HEVIA. 1999. Fibra dietética en el residuo industrial del tomate y su efecto sobre la respuesta glicémica y el colesterol sérico en ratas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 49(2):138-142.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMIST. 1996. Approved methods of the A.A.C.C. St. Paul, Minn. USA. p. 967-971.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMIST (A.O.A.C.). 1997. Official methods of Analysis. 16th Edición, Washington D.C., USA. Vol 2. Ch 32, p. 1-14.

BELITZ, H. y W. GROSCHE. 1997. *Química de los alimentos*. 2^o Ed. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 1 067 p.

BLANCO, A., M. MONTERO y M. FERNÁNDEZ. 2000. Composición química de productos derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1):91-96.

BRESSANI, R., J. TURCIOS, L. REYES y R. MÉRIDA. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 51(3):309-313.

CANTARELLI, P., E. PALMA and J. CARUSO. 1990. Composition and amino acid profiles of tomato seeds from canning wastes. *Food Science and Technology Abstracts* 22(8):90.

COVENIN. 1994. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma N° 2135. Expansión de la masa. Método del consistómetro. Harina de maíz precocida. FONDONORMA. Caracas. Ven.

- DEKA, S. and D. SOOD. 2001. Effect of storage, cooking and chemical treatment on protein and starch digestibilities of Basmati Rice (*Oriza sativa* L.) genotypes. *Journal of Food Science and Technology* 38(6):565-570.
- DESHPANDE, S. and D. SALUNKE. 1982. Interaction of tannic acid and catechin with legume starches. *Journal Food Science* 47:2 080-2 081.
- EGUI, V. y A. RODENAS. 1993. Obtención de aceite comestible a partir de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) procedente de residuos agroindustriales. Tesis de grado. Valencia, Ven. Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez". Núcleo Estado Carabobo. P. irr.
- FUNDACA (FUNDACIÓN UNIVERSITARIA "CECILIO ACOSTA"). 2001. Nutrición y dietética. Módulo Nº 1. p. 33-43.
- INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. (INN-ULA). 2000. Hoja de Balance de Alimentos 1998-1999. Mérida, Venezuela. 227 p.
- Mc.CREADY, R., J. GUGGIOLS, J. SILVERA and H. OWENS. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22(9):11 156-11 578.
- MELITO, C. and J. TOVAR. 1995. Cell walls limit in vitro protein digestibility in processed legume seed. *Food Chem.* 53:305:307.
- NAVAS, P. 1997. Evaluación química y nutricional de una mezcla de harina de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y concentrados proteicos de lactosuero para alimentación humana. Trabajo de Ascenso. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 33-34.
- PEÑA, J. 2000. Evaluación nutricional y sensorial de arepas congeladas enriquecidas con salvado de arroz (*Oriza sativa* L.) estabilizado por doble tambor y análisis físico-químico del aceite. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 101 p.
- SEQUERA, B. 1994. Efecto de la interacción entre las harinas de arroz, maíz y yuca y los aceites vegetales comestibles de maíz y palma sobre la digestibilidad de nutrientes y parámetros sanguíneos en ratas adultas. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 6-11.

TOVAR, L. y L. BRAVO. 1999. Obtención de concentrados proteicos y determinación de carotenoides a partir de los residuos (semillas y pieles) de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 38-46.

VEGA, C. 1995. Aprovechamiento del afrecho de tomate en salsa tipo ketchup enriquecida con fibra dietética y estudio de su estabilidad. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 151 p.

WUSTSCH, P. 1994. Carbohydrate foods with specific nutritional properties a challenge to the food industry. *Am.J.Clin.Nutr.* 59S:758S-762S.

EL CULTIVO Y EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL CARBONO DE LA BIOMASA MICROBIANA

Magaly Ruiz* y Jorge Paolini**

RESUMEN

En este estudio se determinó el carbono de la biomasa microbiana en ocho suelos cultivados con caña de azúcar y banano, regados con aguas de distinto origen (residuales, de pozo, de lago), y en dos suelos bajo vegetación natural (suelos testigo), localizados todos en la Cuenca del Lago de Valencia. El carbono de la biomasa microbiana (C-BM) se determinó por el método de la respiración inducida por sustrato. Los valores obtenidos variaron entre 206 y 1 553 $\mu\text{g C-BM g}^{-1}$ suelo, siendo más altos en los suelos testigos y en los suelos lacustrinos sembrados con caña de azúcar bajo riego con aguas residuales industriales y domésticas. Los valores del C-BM resultaron superiores en los suelos bajo banano ($P < 0,05$). El cociente C-BM/C total varió entre 1,4 y 4,1%, estando dentro del intervalo indicado para suelos agrícolas. Se encontró una correlación positiva ($r = 0,787$) y significativa ($P < 0,0001$) entre el C-BM y el contenido de carbono orgánico total. Los resultados reflejan la influencia del cultivo y las prácticas de manejo agrícola sobre la biomasa microbiana del suelo.

Palabras Clave: Respiración inducida por sustrato; suelos lacustrinos; suelos aluviales; aguas de riego; caña de azúcar; banano.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos son los principales mediadores de la tasa de recambio del carbono en el suelo. Por definición ellos también son parte del carbono orgánico y del reservorio de nutrimentos, y como tales, ellos son denominados *biomasa microbiana* (INSAM, 1990).

* Profesora. Universidad Rómulo Gallegos. Centro de Investigaciones y Extensión en Suelos y Aguas (CIESA). Vía El Castrero, San Juan de los Morros 2301. Estado Guárico.

** Investigador. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Centro de Ecología. Apdo. 21827. Caracas 1020-A. Venezuela.

RECIBIDO: noviembre 11, 2003.

La *biomasa microbiana* se define como la parte de la materia orgánica en el suelo constituida por los microorganismos vivos, con tamaños entre 5 y 10 μm^3 menores (Alef y Nannipieri, 1995). La biomasa generalmente se expresa como mg de carbono por kilogramo de suelo, o también como μg de C por gramo de suelo seco.

El interés en estimar la biomasa microbiana se relaciona con su doble función como catalizador y como fuente (a través de la mineralización)/reservorio (a través de la inmovilización) en la transformación de nutrientes; su papel en la formación y estabilización de la estructura del suelo y como un indicador ecológico (Alef y Nannipieri, 1995).

La biomasa microbiana del suelo es uno de los componentes vivos esenciales de todos los ecosistemas terrestres. Esta regula muchos procesos críticos del ecosistema, incluyendo la descomposición de materiales orgánicos, su transformación y el reciclaje de nutrientes, y la integración biofísica de la materia orgánica con las fases sólida, acuosa y gaseosa del suelo.

A través de su interacción con otros organismos, por ejemplo con la fauna y las raíces de las plantas, la biomasa microbiana del suelo también llega a ser vital en la regulación de la cantidad y calidad de componentes en el ciclo hidrológico y en las emisiones de los gases de invernadero. Debido a esos atributos, la biomasa microbiana debe ser considerada como un indicador importante en la determinación de la calidad del suelo (Franzluebbers, 1999).

Algunos factores ecológicos determinan la biomasa microbiana del suelo y frecuentemente son responsables en gran parte de la variación espacial y temporal de la misma. La composición de las especies de plantas, principalmente a través de la producción primaria neta y de la calidad del mantillo, puede afectar las mediciones de la biomasa microbiana junto con la cadena trófica en el suelo, donde las interacciones entre los distintos organismos pueden influir en la actividad microbiana (Carter *et al.*, 1999).

En general, las plantas sirven como una fuente de carbono para la comunidad microbiana y a su vez, los microorganismos proveen nutrientes para el crecimiento de las plantas a través de la mineralización de los residuos de plantas y animales y de la materia orgánica del suelo (Srivastava y Singh, 1991).

La biomasa microbiana es el indicador más importante de la composición microbiana en el suelo, especialmente en combinación con un parámetro de actividad tal como la producción de CO_2 (Anderson y Domsch, 1993).

El carbono de la biomasa microbiana (C-BM) responde mucho más rápidamente que el carbono orgánico total a los cambios en la calidad del suelo. Las variaciones en el carbono orgánico total son más lentas de detectar debido a que éste incluye un alto porcentaje de fracciones estables, las cuales pueden enmascarar variaciones que tienen lugar en las fracciones menos recalcitrantes.

Por otra parte, el C-BM responde eficazmente y con mucha sensibilidad a las prácticas de manejo agrícola (Brookes, 1995), en especial a la incorporación de materiales orgánicos, aún a bajas dosis (Pascual *et al.*, 1997; Powlson *et al.*, 1987). De allí que la determinación del carbono microbiano represente una herramienta útil para la comprensión y predicción de los efectos, que a largo plazo, puedan producir los cambios en las condiciones del suelo (Srivastava y Singh, 1991).

El cociente $\text{C-BM} * 100 / \text{COT}$ (donde COT = carbono orgánico total) representa el carbono asociado a la fracción viva de la materia orgánica, expresado como porcentaje del carbono orgánico total del suelo. Se ha establecido que el C-BM de los suelos agrícolas, en los que el contenido de C se encuentra en equilibrio, varía entre 2,3 y 4,0% del carbono orgánico total, y aquellos suelos que se desvían de dicho intervalo se encontrarían, perdiendo carbono o bien acumulándolo (Insam, 1990).

En este estudio se determinó el C-BM en distintos suelos cultivados con caña de azúcar y banano, regados con aguas de distinto origen, y de dos suelos bajo vegetación natural, localizados en la Cuenca del Lago de Valencia, con la finalidad de evaluar la influencia del cultivo y la composición del agua de riego sobre el C-BM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el presente estudio se escogieron diez suelos dentro de la Cuenca del Lago de Valencia, cinco de ellos de origen lacustrino y cinco de origen aluvial (Cuadro 1). Los suelos lacustrino están ubicados en las siguientes zonas: a) sureste del municipio Guacara (estado Carabobo)

en una unidad de producción agrícola localizada en el sector Las Palmeras, empresas campesinas El Cedro y Francisco de Miranda, en las que se cultivan 70 h de caña de azúcar.

En esta unidad se escogieron 3 tablones que se distinguieron con las siglas GL, GP, GS; b) Finca Torumo (suelo PAV), también en el municipio Guacara del estado Carabobo. Esta finca se encuentra limitada por la población de Guacara, al norte y el Lago de Valencia al sur; c) Caño Rico (suelo CR) en la empresa agrícola Inversiones Rico Caño.

Los suelos de origen aluvial se encuentran en las zonas que se mencionan a continuación: a) entre Santa Cruz y Cagua, en el municipio Lamas, estado Aragua, localizados en las haciendas Los Aguirre (AG), La Josefa (JO) y La Soledad (SD y SC); b) Palo Negro (PN), en la finca Morales, ubicada en el sector Paraparal, municipio Mariño, estado Aragua.

Entre los suelos seleccionados se incluyeron dos suelos testigo, uno lacustrino (PAV) y otro aluvial (SC), los cuales se encuentran bajo vegetación natural, nunca han sido cultivados ni regados. Los ocho suelos restantes se encuentran bajo cultivo de caña de azúcar o de banano y son regados con agua de distinto origen o composición. En el Cuadro 1 se resume la información sobre los suelos seleccionados, el tipo de cultivo que soportan y el agua de riego utilizada.

El suelo lacustrino CR está sembrado con banano y se riega con aguas tratadas que proceden del embalse de Taigüaigüay. Los suelos GS, GP y GL, también de origen lacustrino, están sembrados con caña de azúcar. El suelo GS se regó por 13 años con aguas residuales sin tratamiento, que son una mezcla de un efluente industrial proveniente de una planta de pulpa y papel ubicada en la zona y de las aguas residuales urbanas de un sector de la ciudad de Guacara. El suelo GP se riega con aguas subterráneas (pozo profundo), y el suelo GL se riega con agua del lago de Valencia.

Para conocer una descripción detallada de los suelos GS y GP, así como los resultados del análisis completo de las aguas utilizadas para el riego puede consultarse a Méndez (1998). La información relacionada con la composición del agua del lago de Valencia y del embalse de Taigüaigüay ha sido reseñada por Villafañe (1997). Los suelos de la finca Torumo son descritos por Vilorio *et al.* (1996).

CUADRO 1. Propiedades de los suelos estudiados.

Origen del Suelo	Suelo	Cultivo	Agua de riego	pH	%C	Textura
Lacustrino	PAV	Vegetación natural	Sin Riego	6,97	8,14	Suelo calcáreo
	GL	Caña de azúcar	Agua de lago	7,68	1,72	Suelo calcáreo
	GP	Caña de azúcar	Agua de pozo	7,64	1,71	Suelo calcáreo
	GS	Caña de azúcar	Agua residual Industrial y doméstica	7,41	3,29	Suelo calcáreo
	CR	Banano	Agua sistema Taiguaiguay	7,91	5,40	Franca
Aluvial	SC	Vegetación natural	Sin riego	6,96	4,75	Franca
	AG	Caña de azúcar	Río Aragua	7,54	1,99	Franca
	JO	Caña de azúcar	Embalse Zuata	7,52	2,11	Franca
	SD	Banano	Embalse Zuata	7,59	0,89	Franca
	PN	Banano	Río Turmero	7,78	1,29	Franco-limoso

Los suelos aluviales AG y JO (sembrados con caña de azúcar) se riegan con aguas tratadas del embalse de Zuata, pero el suelo AG ocasionalmente es regado también con aguas no tratadas del río Aragua. Los suelos aluviales PN y SD están cultivados con banano. El suelo PN se riega con aguas no tratadas del río Turmero, y el suelo SD con aguas del embalse Zuata.

Información sobre la composición de las aguas del embalse Zuata y el río Aragua ha sido reseñada por Villafañe (1997). Los resultados de los análisis del suelo PN y de los análisis de las aguas utilizadas en el riego de ese suelo, son indicados por Hernández (1999).

Los suelos lacustrinos clasifican todos como Mollic Ustifluents, francosa, carbonática, mixta, isohipertérmica, y los aluviales como Fluventic Ustropepts, francosa gruesa mixta isohipertérmica, a excepción del suelo PN que clasifica como Fluventic Haplustolls.

Para el momento en que se tomaron las muestras, los suelos lacustrinos GS, GP, GL habían estado sembrados con caña de azúcar por un período de trece años; el suelo CR tenía veinte años cultivado con banano; los suelos aluviales AG y JO contaban siete y cuarenta y tres años bajo caña de azúcar, respectivamente; y los suelos SD y PN tenían seis años cultivados con banano (anteriormente se cultivó maíz en estos suelos entre diez y trece años).

Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 0-5 cm. Para cada suelo se recogieron submuestras de igual volumen en 20 puntos diferentes del área a considerar, en forma aleatoria, y las mismas se mezclaron para obtener una muestra compuesta. Esta última se dividió en dos porciones. Una de las porciones se secó al aire, luego se trituró y se tamizó en una malla de 2 mm, y se utilizó para los análisis físicos y químicos del suelo. La otra porción no se secó, se conservó con la humedad del campo, se tamizó a un tamaño menor de 2 mm y se guardó en bolsas plásticas bajo refrigeración a 4 °C, para ser posteriormente utilizadas en un lapso no mayor de 2 semanas en la determinación del C-BM.

El C-MB se determinó por el método de la respiración inducida por sustrato (Anderson y Domsch, 1978), el cual se fundamenta en el hecho de que se pueda estimular la respiración de los microorganismos del suelo si se adiciona a este medio un sustrato fácilmente degradable, como la glucosa. Por medio de esta respuesta fisiológica se logra proveer una

estimación del carbono de la biomasa microbiana. El CO_2 producido durante la incubación del suelo con el sustrato, en un sistema cerrado, se captura en un vial con solución de NaOH, la cual es titulada posteriormente con HCl.

El carbono orgánico total se determinó mediante el método de digestión húmeda de Walkley y Black (1934), basado en la hidrólisis y oxidación del carbono orgánico por una mezcla oxidante de dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado, acelerada por el calor de dilución del ácido sulfúrico en agua.

La cantidad de carbono orgánico oxidado por el Cr(VI) se mide por colorimetría, bien sea por la medida de la concentración de Cr(VI) remanente o por la concentración del Cr(III) formado durante la reacción (Sims y Haby, 1971). En este experimento se midió la intensidad del color verde de los iones Cr(III) producidos, en un espectrofotómetro Spectronic 20D Milton Roy Company, a una longitud de onda de 600 nm, y comparando con lecturas de una curva de calibración preparada previamente con soluciones patrones de glucosa, sometidas al mismo tratamiento que las muestras.

El pH se midió en una suspensión suelo:agua 1:1. La clasificación textural se realizó mediante el método de Bouyoucos modificado (López y López, 1978).

Todas las determinaciones se hicieron por triplicado. Los resultados se presentan con base al peso seco del suelo, por lo cual se efectuaron determinaciones de humedad de los suelos simultáneamente con los análisis mencionados. El contenido de humedad se determinó por la diferencia de peso que experimentaron las muestras después de ser sometidas a calentamiento a 105 °C por 24 horas.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa STATISTIX para Windows versión 1.0, 1996. Se realizaron análisis de varianza, prueba de medias de Tukey, y análisis de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores del C-BM determinados en los suelos estudiados varían entre 206 y 1 553 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de suelo (Figura 1). Estos valores son similares a los encontrados por otros autores para suelos de regiones templadas y

tropicales. Por ejemplo, Hernández (1998) indica valores entre 394 y 1 587 $\mu\text{g C g}^{-1}$ para un Inceptisol de Turén (estado Portuguesa), bajo cultivo de maíz; Borie *et al.* (1999), en un estudio realizado en suelos chilenos, obtuvieron valores de C-BM entre 600 y 1 300 $\mu\text{g C g}^{-1}$ en suelos agrícolas, de 700 $\mu\text{g C g}^{-1}$ en pradera natural, y de 1 000 $\mu\text{g C g}^{-1}$ en bosque natural. Para suelos de España, Díaz-Raviña *et al.* (1993) citan valores entre 282 y 1 614 $\mu\text{g C g}^{-1}$, y Basu y Behera (1993) señalan valores entre 350 y 850 $\mu\text{g C g}^{-1}$ en suelos tropicales de la India.

En los suelos lacustrinos, el valor más alto del C-BM se presenta en el suelo bajo vegetación natural (PAV). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los valores del C-BM del suelo testigo PAV y los del suelo GS (sembrado con caña de azúcar y regado con aguas residuales industriales y domésticas). Por otra parte, el C-BM de los suelos PAV y GS difiere significativamente ($P < 0,05$) de los valores encontrados para el resto de los suelos lacustrinos (CR, GL y GP). Entre estos últimos no se encontraron diferencias significativas, independientemente del tipo de cultivo.

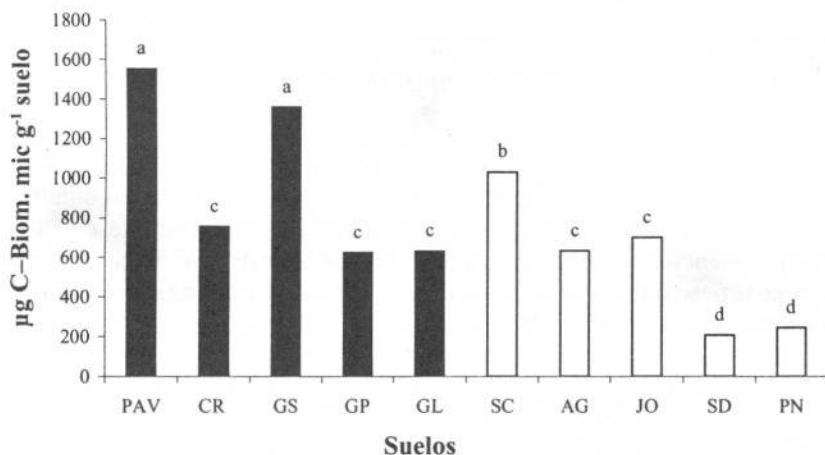


FIGURA 1. Carbono en la biomasa microbiana de los suelos estudiados. Las barras que presentan la misma letra corresponden a medias que no son estadísticamente diferentes, según la prueba de medias de Tukey ($P < 0,05$); las barras de color negro corresponden a los suelos lacustrinos y las blancas a los suelos aluviales.

El incremento en el C-BM del suelo regado con aguas residuales industriales y domésticas (GS), con respecto a los otros suelos lacustrinos cultivados (CR, GL y GP), podría atribuirse a la incorporación de materiales orgánicos fácilmente biodegradables junto con la aguas, los cuales estimulan la actividad microbiana autóctona del suelo, o a la incorporación de microorganismos exógenos (Perucci, 1992).

Como se especificó anteriormente, para el momento en que se realizó este estudio, el suelo Guacara GS había sido regado por más de 13 años con una mezcla de aguas residuales de una planta de pulpa y papel y de aguas urbanas de un sector de la ciudad de Guacara.

En suelos agrícolas de Alemania, regados por 100 años con aguas residuales (efluentes primarios), también se observó un incremento en el C-BM (medido por ATP) con respecto a los valores encontrados en los suelos de la misma zona regados con aguas tratadas, durante el mismo período. Este incremento en el C-BM se observó aún en suelos en los que el riego con las aguas residuales se había interrumpido desde hacía 20 años (Filip *et al.*, 1999).

En los suelos aluviales los valores más altos del C-BM correspondieron al suelo bajo vegetación natural (SC) y se observaron diferencias significativas entre éste y los suelos cultivados ($P < 0,05$). Estos resultados coinciden con los indicados por Suttner y Alef (1988) para suelos de Alemania. Saviozzi *et al.* (1999) también encontraron menores valores del C-BM en suelos de Italia cultivados con maíz y trigo en comparación con suelos de la misma área que permanecían bajo vegetación natural.

Resultados similares fueron señalados por Gupta y Germida (1988) para suelos canadienses bajo pasto, en los que el contenido de C-BM se midió en macro y micro agregados, y se encontraron valores menores de C-BM en relación con los de los suelos no alterados de la zona estudiada.

Por otra parte, en suelos tropicales de la India, se observó una disminución entre 52 y 58% en el C-BM, cuando los suelos de bosque se transformaron en pradera o en suelos agrícolas respectivamente (Basu y Behera, 1993). En suelos de bosques nativos de Chile se han encontrado valores mayores del C-BM, en comparación con suelos de praderas cultivadas con avena-ballica (*Avena sativa-Lolium multiflorum*) (BORIE *et al.*, 1999).

Los suelos aluviales sembrados con caña de azúcar (AG y JO) mostraron mayores valores del C-BM que los suelos con cultivo de banano (SD y PN) (Figura 1).

A pesar de ser regados con aguas de diferente origen, los suelos SD y PN no mostraron diferencias significativas en el C-BM, independientemente de que el agua residual utilizada para su riego hubiese sido sometida o no a tratamiento (Cuadro 1). Tampoco se observaron diferencias entre los suelos aluviales sembrados con caña de azúcar (AG y JO) relacionadas con el origen del agua de riego.

Cuando se comparan todos los suelos sembrados con caña de azúcar, tanto lacustrinos como aluviales, se observa que los suelos GP, GL, AG, JO no presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) en cuanto a su C-BM. En cambio, el suelo GS, que también está sembrado con caña de azúcar y es regado con una mezcla de aguas residuales industriales y domésticas, muestra un valor de C-BM que es aproximadamente el doble de los que presentan los suelos antes mencionados (Figura 1).

Esta diferencia también se observa respecto a la fertilidad de esos suelos y a los rendimientos del cultivo. En los suelos aluviales AG y JO los rendimientos de caña de azúcar son de aproximadamente 90-100 ton ha⁻¹, y en los suelos lacustrinos GP y GL (regados con agua de pozo y de lago, respectivamente) son alrededor de 140 ton ha⁻¹, mientras que en el suelo GS (regado con las aguas residuales industriales y domésticas) los rendimientos son de 170 ton ha⁻¹ (Méndez, 1998).

Las medidas de la biomasa microbiana indican que entre el 1 y el 5% del carbono orgánico total del suelo se almacena en los tejidos vivos (Alef y Nannipieri, 1995). En el caso de los suelos estudiados, la relación C-BM * 100/COT varió entre 1,40 y 4,12% (Figura 2), con un valor promedio para los suelos cultivados de 2,95%, y para los suelos bajo vegetación natural de 2,04%.

Estos valores corresponden a los indicados para suelos agrícolas, y concuerdan con los valores obtenidos por INSAM (1990) en suelos de Norteamérica de distintas regiones climáticas, con un promedio de 2,3% para suelos con monocultivo permanente y 2,9% para suelos bajo rotación de cultivos. Los valores también son similares a los encontrados por Chander *et al.* (1998) en suelos de la India, comprendidos entre 3,68 y 4,00%, y por Anderson y Joergensen (1997) para suelos forestales de Alemania, entre 0,8 y 3,3%.

En la Figura 2 se observa que los suelos con vegetación natural PAV y SC presentaron valores relativamente bajos del cociente $C\text{-BM} * 100 / COT$ y no presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) con los valores obtenidos en los suelos bajo banano (CR, SD, PN), pero sí se evidenciaron las diferencias con respecto a los suelos sembrados con caña de azúcar (GS, GP, GL, AG, JO) los cuales presentaron los valores más altos.

Los resultados de distintas investigaciones coinciden con esta tendencia de presentar mayores valores de este índice en suelos cultivados que en suelos bajo vegetación natural. Así lo revelan algunos estudios realizados en suelos de Italia (Saviozzi *et al.*, 1999), de Dinamarca (Powlson *et al.*, 1987) y de la región de Murcia, España (Pascual, 1996).

Los suelos que presentan valores relativamente bajos de la relación $C\text{-BM} * 100 / COT$, deben contener una considerable proporción de carbono orgánico total muy humificado y por tanto difícilmente utilizable por los microorganismos (Pascual, 1996).

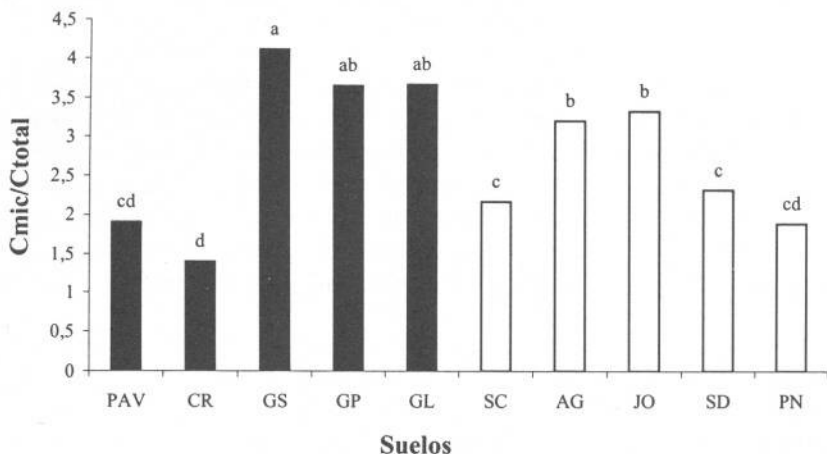


FIGURA 2. Relación C biomasa microbiana * 100/ C orgánico total en los suelos estudiados. Las barras que presentan la misma letra corresponden a medias que no son estadísticamente diferentes, según la prueba de medias de Tukey ($P < 0,05$); las barras de color negro corresponden a los suelos lacustrinos y las blancas a los suelos aluviales.

Los suelos lacustrinos y aluviales que se encuentran bajo caña de azúcar (GS, GP, GL, AG y JO) son sometidos a quema antes de la cosecha. Está demostrado que esta práctica ocasiona una pérdida del carbono orgánico total del suelo (Dominy *et al.*, 2002) porque conduce a una reducción drástica de los aportes de materia orgánica por parte del cultivo, y si a esto se suma la remoción total de la parte aérea de la planta, que se traslada fuera del campo, se infiere que el principal aporte de materia orgánica en este caso proviene prácticamente de las raíces.

Además tienen lugar otros cambios que comúnmente se producen en los suelos que son deforestados y luego cultivados, como son las modificaciones en la temperatura, el régimen de humedad del suelo y los procesos biológicos que afectan la descomposición de la materia orgánica (Anderson y Flanagan, 1989).

También se conoce que con el cultivo puede reducirse la estabilidad de los agregados del suelo, y al degradarse los agregados se acelera la oxidación del carbono orgánico al exponerse nuevas superficies al ataque microbiano y al cambiar las condiciones redox con la profundidad en el perfil (Roberts y Chang, 1990; Golchin *et al.*, 1995).

Diversas investigaciones han comprobado que existe una relación directa entre la reducción del contenido de carbono orgánico y la disminución del C-BM (Haynes, 2000), que indica que mientras mayor es la pérdida de carbono orgánico de un suelo, más pequeña resulta su biomasa microbiana. La explicación que se ha dado a este hecho se basa en que el C-BM es una de las fracciones lábiles y fácilmente degradables de la materia orgánica, y con mayor susceptibilidad de ser perdida (Hart *et al.*, 1988).

En investigaciones realizadas en suelos de Suráfrica, sembrados con caña de azúcar por períodos desde uno hasta 80 años, en los que se utiliza la quema previa a la cosecha, se encontró que el carbono orgánico total y el C-BM decrecían en forma exponencial a medida que aumentaban los años bajo el monocultivo de caña de azúcar, siendo considerablemente más marcada la disminución del C-BM que la del carbono orgánico total, y menor el efecto en los suelos con mayor contenido de arcilla (Dominy *et al.*, 2002). Además, se evidenció la existencia de una correlación lineal entre el contenido de carbono orgánico total y el C-BM ($r = 0,748$; $P < 0,01$).

En el presente estudio también se observó menor contenido de carbono orgánico total en los suelos cultivados con caña de azúcar (ver Cuadro) en comparación con los suelos no alterados de la zona (PAV y SC). Se aprecia que los contenidos de carbono orgánico total de los suelos testigo PAV y SC duplican o triplican los valores encontrados en los suelos bajo caña de azúcar (y en el resto de los suelos cultivados). Igualmente, se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre el C-BM y el contenido de carbono orgánico total ($r = 0,787$; $P < 0,0001$, Figura 3).

Para suelos agrícolas bajo otros cultivos y distintos sistemas de manejo también se han encontrado correlaciones significativas entre el C-BM y el carbono orgánico total (Leita *et al.*, 1999). Theng *et al.* (1989) obtuvieron relaciones lineales entre esos dos parámetros para diversos suelos de regiones templadas y tropicales.

El C-BM de los suelos estudiados resultó altamente correlacionado con la respiración basal ($r = 0,904$, $P < 0,0001$) (Ruiz, 2002), lo que concuerda con los resultados encontrados por Pascual (1996) en suelos de la región de Murcia (España). Además, se encontraron correlaciones positivas y significativas entre el C-BM y la amonificación de arginina, y las actividades de las enzimas: fosfomonoesterasa alcalina, fosfomonoesterasa ácida, ureasa, deshidrogenasa, proteasa, y β -glucosidasa (Ruiz, 2002).

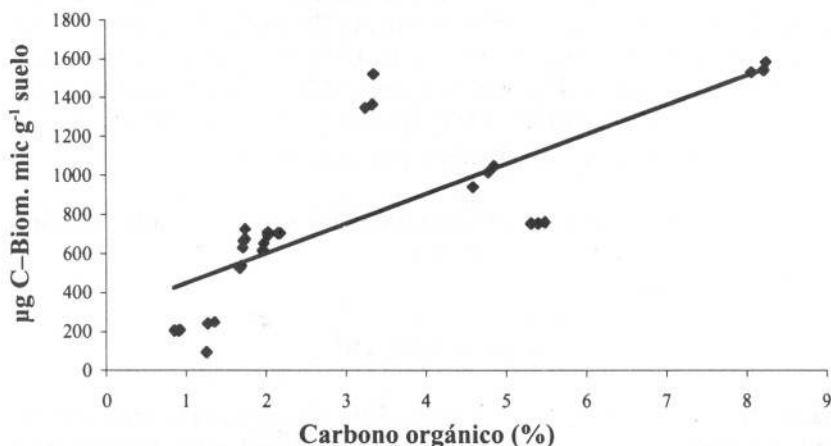


FIGURA 3. Correlación entre el carbono de la biomasa microbiana y el carbono orgánico total en los suelos estudiados.

CONCLUSIONES

- Tanto en los suelos de origen aluvial, como en los de origen lacustrino, los valores más altos del C-BM corresponden a los suelos bajo vegetación natural y en general se observan diferencias significativas entre éstos y los suelos cultivados, lo cual refleja la influencia del cultivo y las características del agua de riego sobre la magnitud de la biomasa microbiana del suelo.
- El C-BM en los suelos estudiados muestra una correlación positiva y significativa con su contenido de materia orgánica.

SUMMARY

In the present study, soil microbial biomass carbon (MBC) was determined in eight soils located in the Valencia Lake basin, cultivated with sugarcane or banana and irrigated with waters of different composition or origin (waste-, ground- and lake-water), and in two soils under natural vegetation (control soils). MBC was estimated by substrate induced respiration method. MBC varied between 206 and 1 553 μg microbial C g^{-1} soil. Highest values occurred in control soils and in the lacustrine soil cultivated with sugar cane and irrigated with waste waters. The values of MBC were higher in the alluvial soils cultivated with sugarcane than in the alluvial soils cultivated with banana ($P < 0.05$). The MBC to soil organic carbon ratio ranged from 1.4 to 4.1% and agreed with the data found in the literature for agricultural soils. MBC was correlated strongly with total organic carbon ($r = 0.787$; $P < 0.0001$). Results show the influence of cultivation and crop management practices on MBC.

Key Words: Substrate induced respiration; lacustrine soils; alluvial soils; irrigation waters; sugar cane; banana.

BIBLIOGRAFÍA

ALEF, K. and P. NANNIPIERI. 1995. Microbial biomass. In: Alef, K. and P. Nannipieri. (Eds). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press. Arcourt Brace and Company, Publishers. p. 375.

ANDERSON, J. M. and P. W. FLANAGAN. 1989. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. **In:** Coleman, D., J. M. Oades, G. Uehara (Eds). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystem. Niftal Project. Department of Agronomy and Soil Science. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. p. 97-122.

ANDERSON, J. P. E. and K. H. DOMSCH. 1978. A physiological method for the Quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil. Biol. Biochem.* 10:215-221.

ANDERSON, T. H. and K. H. DOMSCH. 1993. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25:393-395.

ANDERSON, T. and R. JOERGENSEN. 1997. Relationship between SIR and FE estimates of microbial biomass C in deciduous forest soils at different pH. *Soil Biol. Biochem.* 29:1.033-1.042.

BASU, S. and N. BEHERA. 1993. The effect of tropical conversion on soil microbial biomass. *Biol. Fertil. Soils* 16:302-304.

BORIE, G., S. AGUILERA y P. PEIRANO. 1999. Actividad biológica en suelos. *Frontera Agrícola* 5:29-32.

BROOKES, P. C. 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fertil. Soils* 19:269-279.

CARTER, M. R., E. G. GREGORICH, D. A. ANGERS, M.H. BEARE, G. P. SPARLING, D. A. WARDLE and R. P. VORONEY. 1999. Interpretation of microbial biomass measurements for soil quality assessment in humid temperate regions. *Can. J. Soil. Sci.* 79:507-520.

CHANDER, K., S. GOYAL, D. P. NANDAL and K. K. KAPOOR. 1998. Soil organic matter, microbial biomass and enzyme activities in a tropical agroforestry system. *Biol. Fertil. Soils* 27:168-172.

DIAZ-RAVIÑA, M., M. J. ACEA and T. CARBALLAS. 1993. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentrations in forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25:25-31.

DOMINY, C. S, R. J. HAYNES and R. VAN ANTWERPEN. 2002. Loss of soil organic matter and related soil properties under long-term sugarcane production on two contrasting soils. *Biol Fertil Soils* 36:350-356.

FILIP, Z., S. KANAZAWA and J. BERTHELIN. 1999. Characterization of effects of a long-term wastewater irrigation on soil quality by microbiological and biochemical parameters. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162:409-413.

FRANZLUEBBERS, A. J. 1999. Introduction to Symposium – Microbial Biomass: Measurement and role in soil quality. *Can. J. Soil Sci.* 79:505-506.

GOLCHIN, A., P. CLARKE, J. M. OADES and J. O. SKJEMSTAD. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soil. *Aust. J. Soil Res.* 33:975-993.

GUPTA, V. and J. GERMIDA. 1988. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biol. Biochem.* 20:777-786.

HART, P.B.S., J. A. AUGUST, C. W. ROSS and J. F. JULIAN. 1988. Some biochemical and physical properties of Tokomaru silt loam under pasture and after 10 year of cereal cropping. *New Zealand J. Agric. Res.* 31:77-86.

HAYNES, R. J. 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biol. Biochem* 32:211-219.

HERNÁNDEZ, R. 1999. Dinámica de sales y oligoelementos en dos suelos regados con aguas residuales. Trabajo de Grado Magister Scientiarum en Ingeniería Agrícola. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 108 p.

HERNÁNDEZ, W. 1998. Efecto de tres sistemas de labranza sobre la dinámica poblacional y la actividad microbiológica de un suelo cultivado con maíz. Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiarum en Ciencia del Suelo. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 134 p.

INSAM, H. 1990. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime?. *Soil Biol. Biochem.* 22:525-532.

INSAM, H., C. MITCHELL and J. DORMAAR. 1991. Relationships of soil microbial Biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. *Soil Biol Biochem.* 23:459-464

LEITA, L., M. DE NOBILI, C. MONDINI, G. MUHLBACHOVA, L. MARCHIOL, G. BRAGATO and M. CONTIN. 1999. Influence of inorganic and organic fertilization on soil microbial biomass, metabolic quotient and heavy metal bioavailability. *Biol Fert. Soils.* 28:371-376.

LIN, Q. and P.C. BROOKES. 1999. An evaluation of the substrate-induced respiration method. *Soil Biol. Biochem.* 31:1.969-1.983.

LÓPEZ, R. y M. LÓPEZ. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 287 pp.

MÉNDEZ, F. 1998. Contribución al estudio sobre el uso de aguas residuales con fines de riego. Trabajo de ascenso. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 128 p.

PASCUAL, J. A. 1996. Efectividad de los residuos orgánicos en la mejora de la calidad de suelos áridos aspectos biológicos y bioquímicos. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia (España). 428 p.

PASCUAL, J., C. GARCÍA, T. HERNÁNDEZ and M. AYUSO. 1997. Changes in the microbial activity of an arid soil amended with urban organic wastes. *Biol. Fert. Soils.* 24:429-434.

PERUCCI, P. 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils* 14:54-60.

POWLSON, D. S., P. C. BROOKES and B. T. CHRISTENSEN. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in the total soil matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19:159-164.

ROBERTS, W.P. and K. Y. CHANG. 1990. Tillage induced increases in carbon dioxide loss from soil. *Soil Tillage Res.* 17:143-151.

RUIZ, M. 2002. Caracterización de la materia orgánica y la actividad biológica de suelos de la Depresión del Lago de Valencia sometidos a diversas formas de manejo. Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencia del Suelo. Maracay, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 257 p.

SAVIOZZI, A., A. BIASCI, R. RIFFALDI and R. LEVI-MINZI. 1999. Long-term effects of farmyard manure and sewage sludge on some soil biochemical characteristics. *Biol. Fert. Soils* 30:100-106.

SIMS, J. R. and V. A. HABY. 1971. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci.* 112:137-141.

SRIVASTAVA, S. C. and J. S. SINGH. 1991. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrient flux. *Soil Biol Biochem* 23:117-124.

SUTTNER, T. And K. ALEF. 1988. Correlation between the arginine ammonification, enzyme activities, microbial biomass, physical and chemical properties of different soils. *Zentralbl. Mikrobiol.* 143:569-573.

THENG, B., K. TATE and P. SOLLINS. 1989. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. **In:** Coleman, D., J. M. Oades, G. Uehara, (Eds.). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystem.* Nifal Project. Department of Agronomy and Soil Science. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. p. 5-32.

VILLAFANE, R. 1997. Prácticas de riego con aguas residuales en la Cuenca del Lago de Valencia, Venezuela. Situación actual y perspectivas. **In:** Seminario Internacional sobre uso de Aguas residuales para riego. México, mayo 5-10, 1997. Memorias. p. 145-165.

VILORIA, J., C. ALVARADO, C. PINEDA y O. MIQUILENA. 1996. Los suelos de la Finca Torumo, Guacara, estado Carabobo. Estudio con Fines de Diseño y Monitoreo de Riego con Aguas Servidas. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 48 p.

WALKLEY, A. and I. A. BLACK. 1934. An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification on the chromic acid titration methods. *Soil Sci.* 37:29-38.

COMPORTAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS CULTIVARES PROMISORIOS DE MANGO

Enio Soto*, Luis Avilán*, Emaldi Unai**,
Margot Rodríguez*** y José Ruiz***

RESUMEN

Se realizó la caracterización, evaluación de la capacidad productiva y de la calidad de los frutos de los cultivares de mango, *Mangifera indica* L., Edward, Glenn, Irwin, Otts y Parvin, introducidos en la colección del CENIAP, entre 1956 y 1970, desde Florida (USA) como alternativa para diversificar la oferta. Los resultados indican que los cultivares poseen atributos de calidad que se ajustan a las exigencias de los consumidores. Se sugiere la utilización de técnicas y procedimientos para controlar el porte de las plantas y el empleo de marcos de plantación más estrechos para mejorar la producción y productividad en su explotación comercial.

Palabras Clave: *Mangifera indica* L.; selección; descripción; cultivares.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la producción mundial del mango, *Mangifera indica* L., como el número de países productores, se ha incrementado como consecuencia de las perspectivas de la demanda de frutas frescas tropicales en el mercado internacional, que indica que no sólo es previsible que los actuales mercados sigan creciendo, sino que cabe esperar la apertura de mercados nuevos y potenciales (FAO, 1996).

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

** Profesor. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Tecnología de Alimentos. Caracas. Venezuela.

RECIBIDO: septiembre 20, 2002.

En los huertos establecidos en el país, cuya producción está orientada hacia el mercado internacional, alcanzó para el año 1999 las 5 mil toneladas, especialmente dirigida hacia países de la Unión Europea (Venezuela, 2000), emplean con mayor frecuencia los cultivares Haden y Tommy Atkins introducidos desde Florida (USA) y que dominan en el mercado de exportación (Mukherjee, 1997).

Sin embargo, como estrategias para afrontar la creciente competencia, la tendencia de los productores de otros países, además de los cambios introducidos en el manejo del cultivo para elevar la producción, está la búsqueda de otros cultivares como Edward, Ataulfo y Julie, que por la calidad de su fruta u otras características atraigan a los consumidores (Crane *et al.*, 1997; Campbell, 2000).

Considerando que la escasa diversidad de cultivares de mango explotados que satisfacen las exigencias de los consumidores podría constituirse en factor negativo, limitante para su expansión y participación en el comercio internacional, se realizó la caracterización de cultivares élite de 123 entradas de la colección de mango del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, CENIAP (Avilán *et al.*, 1998). Para ello se empleó una escala del 1 al 3 para clasificar los atributos o cualidades en inadecuado, intermedio y deseable, de diecisiete parámetros relacionados con el proceso productivo y características asociadas a la calidad del fruto. Solamente 23 cultivares poseían atributos que se ajustaban a las exigencias del mercado de frutas frescas, ocupando la primera posición Haden con 2,58; mientras Irwin 2,41, Otts 2,35, Edward 2,23 y Glenn y Parvin con 2,20, ocuparon posiciones inferiores.

Todos los cultivares, con excepción del Otts procedente de Hawai, fueron introducidos a principios de siglo pasado desde Florida, USA (Mukerjee, 1997), producto de un programa de mejoramiento del Departamento de Agricultura de Estados Unidos en Florida, tomando como base cultivares Mulgoa y Sandersha (India), Carabao (Filipinas) y Saigon (Indo-China).

Una semilla de Mulgoa dio origen al Haden, y una del Sandersha al Brooks, y estos a su vez como progenitores dieron origen a otros destacados cultivares, conformando el denominado complejo Sandersha-Haden (Rhodes *et al.*, 1970). Así la primera generación son "pie francos" (seedlings) de los cultivares de la India Brooks y Haden. De la segunda generación de seedlings de Haden son: el Glenn, Parvin y Lippens, y de la tercera generación de seedlings del Lippens, el Irwin (Campbell *et*

al., 1992). Así mismo, el cultivar Carabao de la raza Filipina, es considerado uno de los padres del Edward, en cruce con Haden, realizado por Edward Simmonds en 1928 (Lynch y Krome, 1948); sin embargo estudios recientes con enzima han puesto en duda esta última afirmación (Campbell *et al.*, 1992).

En este trabajo se presentan las descripciones, características físicas y químicas de los frutos y las evaluaciones del comportamiento productivo de los árboles, tomando como base los registros, que ininterrumpidamente se vienen realizando desde su introducción entre 1956 y 1970, de los cultivares Edward, Irwin, Glenn, Parvin y Otts en la colección del CENIAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colección del CENIAP está localizada en la región centro norte del país (Maracay, estado Aragua, 10° 17' N, 67° 37' W) en una zona caracterizada como Bosque Seco Tropical, que tiene como límites climáticos: un promedio anual de temperatura entre 22 °C y 29 °C y un promedio anual de precipitación de 1 000 a 1 800 mm. Esta formación presenta una sequía de 4 a 6 meses de duración, seguida por una estación con agua sobrante. Los suelos son de origen aluvial estando clasificados en general dentro del orden Entisol (Ewel y Madriz, 1968).

Cada entrada o cultivar está representado por un mínimo de tres plantas, distanciadas a 12 m entre sí, en libre crecimiento y sometidas a un manejo limitado al control de la cobertura vegetal presente en las áreas libres y poda sanitaria o de mantenimiento.

Para la caracterización de los cultivares se empleó 83 descriptores morfoagronómicos elaborados por Avilán (1989). Para la evaluación del proceso productivo se determinaron los rendimientos promedios para cada período dentro del ciclo de vida productivo de la planta (Avilán, 1980-1988), tomando como base los registros del número y peso de los frutos por árbol, realizados en forma ininterrumpida, en cada ciclo anual de producción, desde su establecimiento en el huerto (Avilán *et al.*, 1998). La eficiencia productiva se determinó relacionando los rendimientos promedios y las dimensiones de la copa de los árboles de cada período, por medio del "Índice de fructificación" = N° de frutos m^{-2} de superficie lateral (Avilán, 1980), cuyos parámetros se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Categorías del índice de fructificación (Avilán, 1980-1988).

Período del Ciclo de vida productiva	Edad Planta (años)	Índice de Fructificación		
		Adecuado (A)	Intermedio (M)	Inadecuado (B)
Crecimiento	Desde 2 hasta los 8	> 5	Entre 5 y 3	< 3
Plena Producción	Desde 10 hasta los 16	> 6	Entre 6 y 4	< 4
Producción	Desde 18 hasta los 28	> 4	Entre 4 y 3	< 3
Senescencia	Más de 32	> 3	Entre 3 y 2	< 2

Adecuado = Alto; Intermedio = Medio; Inadecuado = Bajo.

Fuente: Avilán 1980,1988

La calidad de los frutos fue evaluada con base en las determinaciones de los índices físicos de textura (Instrom mod. 1101); consistencia (consistómetro Bosjtwick y químicos de pH (AOAC 981.12); sólidos totales (AOAC 920.151); sólidos solubles (AOAC 932.12); acidez (AOAC 924.15); ácido ascórbico (AOAC 967.21); fibra (AOAC 962.09) y compuestos fenólicos totales (Price y Butler, 1971), todas realizadas en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de los cultivares

Edward (VE-MCY-MI-00027)¹

Árbol: de tamaño alto (> 10 m de altura); crecimiento erecto y copa circular esférica, muy densa, con dos flujos de crecimiento al año;

¹ VE= Venezuela; MCY= Maracay; MI= Mangifera indica; 000= Número de entrada

entrenudos de 8,78 cm; hojas planas, elíptico lanceoladas, de naturaleza recta-plana, de $23,99 \pm 2,23$ cm de largo y $6,14 \pm 0,54$ cm de ancho; relación L/A de 3,90; ángulo de la base $80,30^\circ \pm 4,22^\circ$; ápice terminado en punta (aguzado); largo de pecíolo $3,24 \pm 0,67$ cm; con $31,5 \pm 2,64$ pares de nervaduras; marrón bronceado cuando nuevas, verde oscuro cuando maduras. Inflorescencia (tirso) piramidal larga, $31,41 \pm 1,04$ cm de largo, con presencia de brácteas; pubescente, abundante, finos y cortos; rosado claro en la parte expuesta al sol y verde en la oculta. Ramificación en número de $44,5 \pm 2,32$. Flores de $9,19 \pm 0,06$ mm, fragantes, con pétalos salientes, amarillo fuerte y el estambre fértil en posición oblicua con el pistilo, de disco hinchado.

Fruto: grande, de $520,06 \pm 69,12$ g; oblongo oval, $12,36 \pm 0,64$ cm de largo, $8,63 \pm 0,49$ cm de ancho y $8,17 \pm 0,50$ cm de grosor. Base redondeada, con inserción del pedúnculo en posición vertical, pico ligeramente prominente, hombro ventral redondeado y dorsal en curva larga; seno ligero y ápice puntiagudo. Cáscara lisa, de grosor medio $0,06 \pm 0,01$ cm, adherente, amarillo intenso con abundantes tonalidades rojizo púrpura, Pelusilla (Pruina) abundante, gris. Lenticela pequeña, abundante, amarillo cremoso. Pulpa gruesa $3,17 \pm 0,22$ cm, textura firme, representando el $71,32 \pm 6,21$ % del peso del fruto, amarillo con tendencia anaranjada; fibra escasa, fina y corta. Sabor muy dulce; aroma moderado, no repugnante (Figura 1).

Hueso (endocarpo + semilla): de 40,7 g, representando el $7,93 \pm 0,97$ % del peso del fruto. Endocarpo de elíptico, de textura intermedia, liviano ($19,15 \pm 1,97$ g), de $10,60 \pm 0,60$ cm de largo, $4,62 \pm 0,28$ cm de ancho y $1,89 \pm 0,15$ cm de grosor; superficie ligeramente surcada y fibra abundante, localizada en todo el hueso. Semilla de $21,55 \pm 4,16$ g, monoembrionica, ocupando el 80% de la cavidad.

Otts (VE-MCY-MI-00079)¹

Árbol: de tamaño mediano (5 a 10 m de altura), abierto y copa circular esférica, muy densa, con dos flujos de crecimiento al año; entrenudos de 11,12 cm; hojas planas, lanceoladas, de naturaleza recta-plana, de $23,25 \pm 1,17$ cm de largo y $4,66 \pm 0,49$ cm de ancho; relación L/A de 4,48; ángulo de la base de $77,30^\circ \pm 4,50^\circ$, ápice terminado en punta (aguzado);

¹ VE= Venezuela; MCY= Maracay; MI= *Mangifera indica*; 000= Número de entrada



FIGURA 1. Detalles del fruto del mango variedad Parvin.

largo de pecíolo $2,22 \pm 0,56$ cm; con $28,9 \pm 1,91$ pares de nervaduras; verde oscuro cuando nuevas, verde claro cuando maduras. Inflorescencia (tirso) piramidal larga, de $37,09 \pm 1,36$ cm de largo, con presencia de brácteas, pubescente, abundante, finos y cortos; roja en la parte expuesta al sol y roja en la oculta. Ramificación en número de $57,1 \pm 3,28$. Flores de $8,79 \pm 0,09$ mm, fragantes, con pétalos salientes, amarillo fuerte y el estambre fértil en posición paralela con el pistilo, de disco estrecho.

Fruto: grande, de $435,74 \pm 56,46$ g; ovoide oblongo, $11,01 \pm 0,86$ cm de largo, $8,55 \pm 0,44$ cm de ancho y $7,78 \pm 0,40$ cm de grosor. Base ligeramente aplanada, con inserción del pedúnculo en posición vertical, pico ligeramente prominente, hombro ventral fuertemente redondeado y dorsal en curva larga, seno ausente y ápice muy redondeado. Cáscara lisa, de grosor medio $1,28 \pm 0,13$ cm, adherente, amarilla con abundante tonalidades rojizo. Pelusilla (Pruina) abundante, gris. Lenticela grande, abundante, amarilla. Pulpa gruesa $2,98 \pm 1,29$ cm, textura blanda, representando el $65,91 \pm 6,21\%$ del peso del fruto, amarillo tostado; fibra escasa, fina y corta. Sabor muy dulce; aroma moderado, no repugnante (Figura 2).



FIGURA 2. Detalles del fruto del mango variedad Irwin.

Hueso (endocarpo + semilla): de 32,82 g, representando el $7,93 \pm 0,97\%$ del peso del fruto. Endocarpo elíptico, de textura gruesa o leñosa, liviano ($8,79 \pm 1,92$ g); de $8,62 \pm 0,87$ cm de largo, $3,99 \pm 0,31$ cm de ancho y $2,20 \pm 0,18$ cm de grosor; superficie ligeramente deprimida y fibra poco abundante, localizada en la extremidad ventral del hueso. Semilla de $24,03 \pm 4,62$ g, monoembrionica, ocupando 50 al 90% de la cavidad.

Irwin (VE-MCY-MI-00029)

Árbol: tamaño mediano (5 a 10 m de altura); crecimiento erecto y copa semi circular, con dos flujos de crecimiento al año; entrenudos de 12,89 cm; hojas erectas, elíptico lanceoladas, de naturaleza recta-plana, de $19,59 \pm 1,45$ cm de largo, $4,71 \pm 0,39$ cm de ancho; relación L/A de 4,15; ángulo de la base de $77,60^\circ \pm 2,41^\circ$, ápice acuminado; largo de pecíolo $3,74 \pm 0,80$ cm; con $25,0 \pm 2,36$ pares de nervaduras; verde oscuro cuando nuevas y verde oscuro cuando maduras. Inflorescencia (tirso) piramidal larga, de $21,65 \pm 0,79$ cm de largo; con presencia de brácteas; pubes-

cencia, abundante, fina y corta; rosado claro en la parte expuesta al sol y verde en la oculta. Ramificación de $53,9 \pm 2,23$. Flores de $8,70 \pm 0,05$ mm, fragantes, con pétalos salientes, amarillo fuerte y el estambre fértil en posición paralela con el pistilo, de disco estrecho.

Fruto: grande, de $345,80 \pm 45,67$ g; elíptico, $11,79 \pm 0,50$ cm de largo, $7,53 \pm 0,38$ cm de ancho y $7,09 \pm 0,36$ cm de grosor. Base ligeramente aplanada, con inserción del pedúnculo en posición oblicua, pico ligeramente presente, hombro ventral redondeado y dorsal en curva larga; seno ligero y ápice redondeado. Cáscara lisa, de grosor medio $0,06 \pm 0,01$ cm, no adherente, amarilla con abundante tonalidades rojizo púrpura y cierta coloración verde en el ápice. Pelusilla (Pruina) abundante, gris. Lenticela pequeña, abundantes, amarillo cremoso. Pulpa gruesa $2,98 \pm 2,94$ cm, textura blanda, representando el $80,99 \pm 2,34\%$ del peso del fruto, amarilla con tendencia anaranjada, fibra media, gruesa y larga. Sabor dulce; aroma moderado, no repugnante (Figura 3).

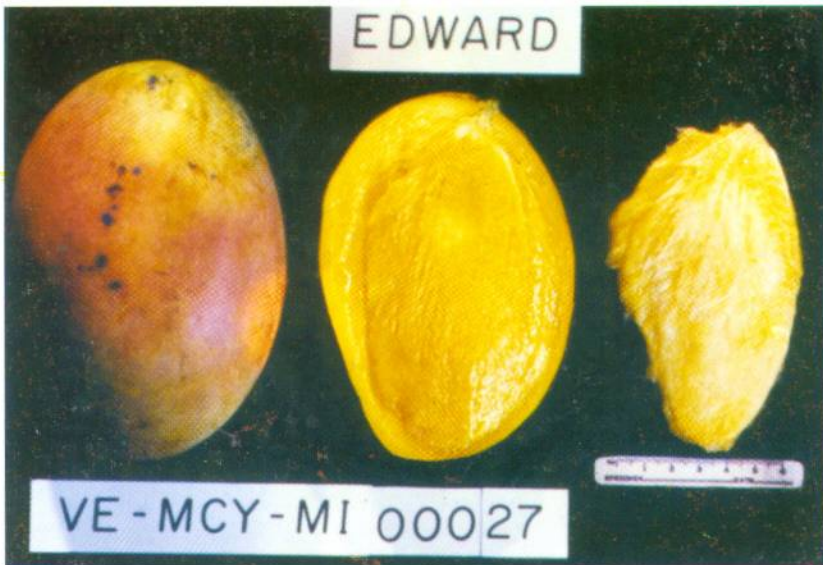


FIGURA 3. Detalles del fruto del mango variedad Edward.

Hueso (endocarpo + semilla): de 25,17 g, representando el 7,13±0,97% del peso del fruto. Endocarpo elíptico, de textura leñosa, liviano (11,72±1,90 g), de 9,39±0,43 cm de largo, 3,60±0,12 cm de ancho y 1,79±0,29 cm de grosor; superficie con nervadura saliente y fibra poco abundante, localizada en la extremidad ventral. Semilla de 13,45±7,00 g, monoembriónica, ocupando entre el 40% y el 70% de la cavidad.

Parvin (VE-MCY-MI-00070)

Árbol: de tamaño alto (> 10 m de altura); crecimiento verticilado y copa circular, con dos flujos de crecimiento al año; entrenudos de 12,89 cm; hojas erectas, lanceoladas, de naturaleza equilibrada, de 22,89±1,85 cm de largo y 6,28±0,41 cm de ancho; relación L/A de 3,64; ángulo de la base de 94,60°±3,02°; ápice acuminado; largo de pecíolo 2,63±0,51 cm, con 25,80±4,29 pares de nervaduras; verde aceituna cuando nuevas; verde oscuro cuando maduras. Inflorescencia (tirso) piramidal de 26,70±2,06 cm de largo, presencia de brácteas; pubescencia escasa, fina y corta; rosado claro en la parte expuesta al sol y verde en la oculta. Ramificación en número de 47,9±2,76. Flores de 8,25±0,16 mm, fragantes, con pétalos salientes, amarillo fuerte y el estambre fértil en posición paralela con el pistilo, de disco estrecho.

Fruto: grande, de 508,88±126,13 g; oblongo oval, 11,71±1,42 cm de largo, 8,83±0,66 cm de ancho y 8,59±0,56 cm de grosor. Base ligeramente aplanada, con inserción del pedúnculo en posición vertical, pico con frecuencia ligeramente presente, hombro ventral redondeado y dorsal en curva larga; seno ausente y ápice redondeado. Cáscara lisa, de grosor medio 0,15±0,01 cm, adherente, amarilla con tonalidades rojizo anaranjada y cierta coloración verde hacia el ápice. Pelusilla (Pruina) abundante, gris. Lenticela mediana, abundante, amarillo tostado. Pulpa gruesa 3,06±0,26 cm, textura firme, representando el 78,96±2,64% del peso del fruto, amarillo intenso; fibra abundante, fina y corta. Sabor dulce; aroma moderado, no repugnante (Figura 4).

Hueso (endocarpo + semilla): de 75,1 g, representando el 9,09±1,16% del peso del fruto, endocarpo elíptico, de textura intermedia, liviano (45,78±10,25 g), de 8,95±0,43 cm de largo, 4,09 ± 0,40 cm de ancho y 2,39±0,33 cm de grosor; superficie con nervadura muy salientes y fibra poco abundante, localizada en la extremidad ventral. Semilla de 29,32±6,09 g, monoembriónica, ocupando el 90% de la cavidad.

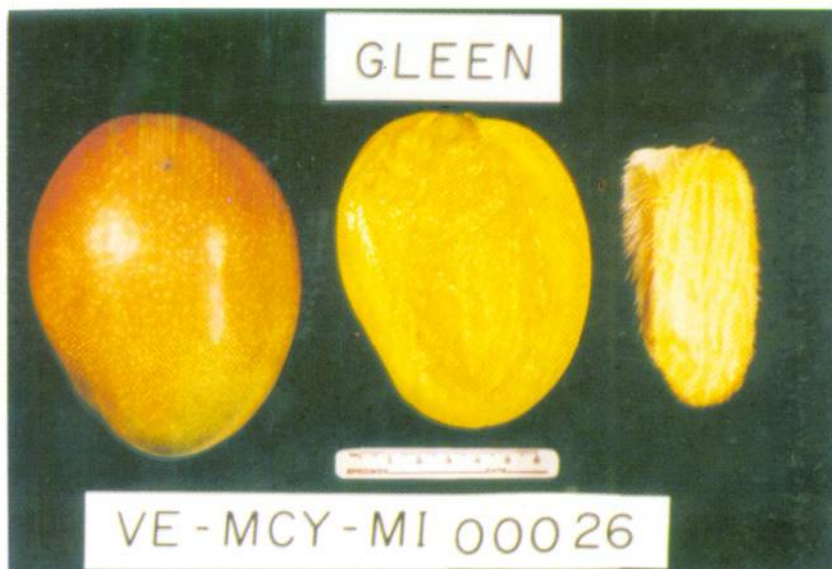


FIGURA 4. Detalles del fruto del mango variedad Glenn.

Glenn (VE-MCY-MI-00026)

Árbol: de tamaño alto (> 10 m de altura); crecimiento verticilado y copa circular, con dos flujos de crecimiento al año; entrenudos de $12,55$ cm; hojas erectas, lanceoladas, de naturaleza recta-plana, de $23,51 \pm 1,70$ cm de largo y $5,26 \pm 0,25$ cm de ancho; relación L/A de 4,46; ángulo de la base de $83,20^\circ \pm 10,62^\circ$, ápice aguzado; largo de pecíolo $2,98 \pm 0,36$ cm, con $24,40 \pm 2,45$ pares de nervaduras; bronceadas cuando nuevas, verde oscuro cuando maduras. Inflorescencia (tirso) piramidal larga de $26,70 \pm 1,53$ cm de largo, presencia de brácteas; pubescencia abundante, fina y corta; rosado claro en la parte expuesta al sol y verde en la oculta. Ramificación de número de $59,3 \pm 4,34$. Flores de $8,71 \pm 0,11$ mm, fragantes, con pétalos salientes, amarillo fuerte y el estambre fértil en posición paralela con el pistilo, de disco hinchado

Fruto: grande, de $476,60 \pm 63,51$ g; oblongo oval, $12,24 \pm 0,77$ cm de largo, $8,54 \pm 0,32$ cm de ancho y $7,70 \pm 0,38$ cm de grosor. Base ligeramente aplanada, con inserción del pedúnculo en posición vertical, pico ligeramente presente, hombro ventral redondeado y dorsal en curva larga, seno ligero y con frecuencia ausente y ápice redondeado. Cáscara lisa,

de grosor medio $0,16 \pm 0,01$ cm, adherente, amarillo brillante con abundante tonalidades rojiza, y cierta coloración verde en el ápice. Pelusilla (Pruina) abundante, gris. Lenticela grande, abundante, amarillo cremoso. Pulpa gruesa $2,73 \pm 0,18$ cm, textura firme, representando el $69,06 \pm 13,56\%$ del peso del fruto, amarillo oscuro, fibra escasa, gruesa y corta. Sabor muy dulce; aroma moderado, no repugnante (Figura 5).

Hueso (endocarpo + semilla) de 44,87 g: representando el $9,46 \pm 0,97\%$ del peso del fruto. Endocarpo elíptico con tendencia a oblongo, de textura leñosa, liviano ($18,51 \pm 3,37$ g), de $9,64 \pm 0,72$ cm de largo, $3,79 \pm 0,21$ cm de ancho y $2,21 \pm 0,13$ cm de grosor; superficie lisa y fibra poco abundante, localizada en la extremidad ventral. Semilla de $26,36 \pm 3,66$ g, monoembriónica, ocupando el 80% de la cavidad.

En general, las caracterizaciones morfológicas realizadas en los frutos, concordaron con las descritas por Lynch y Krome (1948), Ruehle y Ledin (1955), Laroussilhe (1980), Cockshutt (1990) y Campbell (1992), para los mismos cultivares.

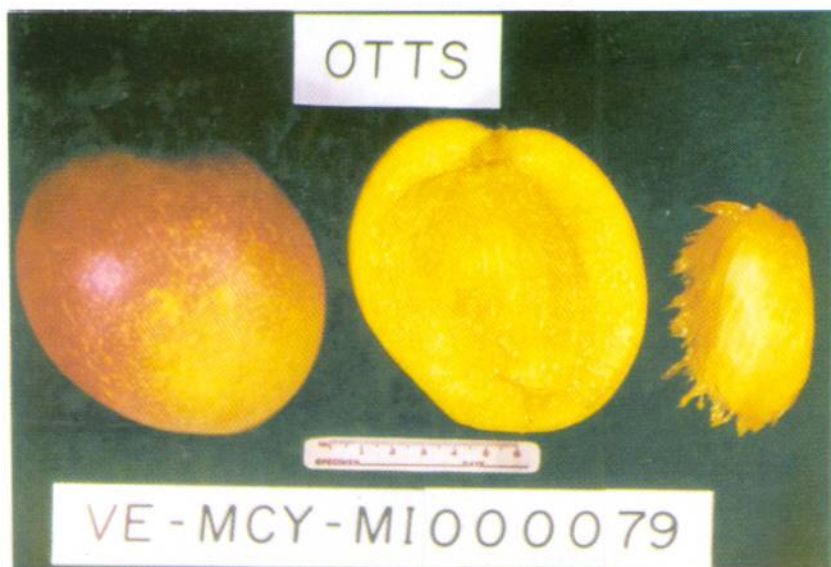


FIGURA 5. Detalles del fruto del mango variedad OTTS.

Es importante destacar que, además de la respuesta a la interacción genotipo x medioambiente (Whiley, 1992), existen evidencias de una marcada influencia del patrón sobre algunas características del injerto en lo referente al árbol, en general, y al "Tipo" del fruto, en particular, es decir, sobre la forma y sus dimensiones (Cummins y Aldwinckle, 1988, Avilán *et al.*, 1996b).

El "Tipo" corresponde a las características morfológicas que identifican y permiten el reconocimiento de un cultivar, y constituyen parte importante de las normas establecidas para la comercialización de los frutos en el mercado internacional. Entre los requisitos mínimos exigidos, se indica que deben presentar similitud con las características del cultivar (Baez-Sañudo, 1999).

Los materiales de la colección son el producto de propagaciones realizadas a través de yemas o púas introducidas desde Florida (USA), las cuales fueron injertadas sobre los patrones 'Hilacha', 'Pico é loro' y 'Bocado', que son materiales colectados en el país o "Criollos" (Serpa *et al.*, 1961); mientras en Florida (USA) el patrón usualmente empleado es el 'Turpentine' (Chandler, 1962; Smathers, 1990). El empleo de patrones diferentes, así como lo señalado por Whiley (1992), en cuanto al comportamiento finológico, explica en gran medida las diferencias determinadas en las descripciones realizadas en relación con los "Tipos" establecidos de un cultivar en otras regiones productoras.

Evaluación del proceso productivo del cultivar

Floración

La mayoría de los cultivares se caracterizaron por presentar una sola floración al año, la cual se inicia con mayor frecuencia durante los meses finales del año (septiembre-diciembre) y los primeros meses del siguiente (enero-febrero) por lo que se considera presentan un hábito de floración estacional.

Durante estos períodos ocurre la mayor frecuencia de días con temperaturas nocturnas menores o iguales a los 20 °C, determinante para la inducción e iniciación floral en el mango (Chaikiattiyos *et al.*, 1994; Sukhvibul *et al.*, 2000). La evaluación del comportamiento floral de 131 cultivares de la colección del CENIAP sugiere la existencia de requerimientos distintos en cuanto al número de días con temperaturas

nocturnas por debajo de 20 °C para los cultivares. Entre los primeros (tempranos) en florecer están Edward y Otts, como intermedio Glenn y como tardíos Irwin y Parvin (Avilán *et al.*, 2002).

Los registros de la precipitación en el CENIAP indican, en general, una paulatina reducción del régimen pluviométrico hacia los meses finales del año; sin embargo, los cultivares tempranos en florecer, dependiendo de la intensidad de las lluvias, pueden ser afectados por el ataque de enfermedades como la “antracnosis” (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz). Aunque el estrés hídrico no reemplaza el efecto de las temperaturas bajas para inducir la floración, su ocurrencia favorece la brotación temprana de las yemas florales (Whiley, 1993; Chaikiattiyos *et al.*, 1994).

Producción

Los cultivares introducidos en la colección, Irwin y Glenn en 1956, Edward en 1960, y Parvin y Otss en 1970, han superado los diferentes períodos del ciclo de vida productivo de la planta (Avilán, 1980 y 1988). En el Cuadro 2 se muestran los parámetros relacionados con la eficiencia productiva. El tamaño del árbol (altura en metros), determinado cuando alcanzaron su madurez, es decir, entre 10 y 12 años de edad (Avilán, 1989), fue inadecuado o superior a los 10 m de altura, con excepción del Irwin y Otts, con una altura entre 5 y 10 m (intermedio).

Uno de los problemas que afrontan los productores en el trópico, es el crecimiento rápido y excesivo de los árboles, lo cual además de obligar al empleo de bajas densidades de población, dificultar el control fitosanitario y las labores de cosecha, afecta negativamente la productividad. Entre las alternativas para incrementar la productividad del cultivo en el trópico, Whiley *et al.* (1989) destacan la selección de cultivares caracterizados por una baja tasa de crecimiento o de bajo porte, como el Irwin.

Las evaluaciones de la eficiencia productiva durante los diferentes períodos (Cuadro 2) indican que los cultivares Irwin, Otts y Glenn presentaron los más altos índices (A); mientras Edward y Parvin fueron intermedios (M) y bajos (B) respectivamente. Estos resultados concuerdan en general con las realizadas por Avilán y Figueroa (1983) en Edward, Irwin y Glenn, en la región central y Rincón y Castro (1977) en la región occidental del país.

CUADRO 2. Eficiencia productiva de los cultivares*.

Cultivares	Crecimiento				Plena Producción				Producción			
	SL	N° F	kg pt ⁻¹	IF	SL	N° F	kg pt ⁻¹	IF	SL	N° F	kg pt ⁻¹	IF
Edward	52	34	17	M	70	388	201	M	189	99	51	B
Irwin	47	196	68	A	62	323	111	M	125	365	125	B
Ottis	43	323	140	A	66	646	281	A	140	508	166	M
Parvin	56	38	19	B	96	405	205	M	170	105	53	B
Glenn	62	335	159	A	83	542	257	A	151	389	185	B

* Valores promedios de tres árboles como mínimo por cultivar

SL= Superficie lateral de un Cono Truncado = $(R + r) - \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$.

N° F= Número de frutos por planta, promedio por cultivar.

IF= Índice de fructificación N° F /SL. A= Adecuado; M= Intermedio; B= Inadecuado

Los resultados de las evaluaciones realizadas en los árboles en libre crecimiento, y sometidos a un manejo limitado al control de la cobertura vegetal presente en las áreas libres y poda sanitaria o de mantenimiento, indican que como alternativa para incrementar la producción y la productividad de los cultivares, se sugiere el empleo de patrones enanizantes, técnicas de propagación como la doble injertación y/o procedimientos físicos como la poda, o químicos como los reguladores de crecimiento e inductores de floración, que permitan controlar el excesivo desarrollo vegetativo y favorezcan la floración (Avilán, 1988; Kulkarni, 1991).

La aplicación de estas técnicas, de manera aislada o combinada, utilizando distintos marcos de plantación en diferentes cultivares, ha incrementado significativamente la producción sin afectar la calidad de los frutos (Tome y Bondad, 1991; Charnvichit *et al.*, 1991; Medina-Urrutia, 1994; Campbell y Wasielewski, 2000; Avilán *et al.*, 2001).

Características de calidad de los frutos

En el mercado europeo y norteamericano (Canadá y U.S.A) la preferencia es hacia los colores vivos o brillantes de la cáscara (amarillo y/o rojo), con una cobertura total de la superficie del fruto; el verde era generalmente asociado al estado inmaduro del fruto (Boyer-Vidal, 1987).

Sin embargo, la evolución del mercado y el incremento de los denominados “mercados étnicos”, conformados por personas de origen asiático o latino, ha abierto las perspectivas para otros cultivares (Avilán y Leal, 1996a), ya que estas personas prefieren los frutos que colorean de verde a amarillo cuando están maduros, pues le recuerdan sus variedades nativas.

Los frutos de los cultivares Irwin y Parvin se caracterizan por presentar, además de una coloración base amarilla, con tonalidades abundantes rojizo púrpura y rojizo anaranjada, respectivamente, cierta coloración verde hacia el ápice, mientras Edward, Glenn y Otts presentan la cáscara amarilla intensa, con tonalidades abundantes rojizo púrpura y rojizo, respectivamente.

En cuanto al peso de los frutos, Edward de $520,06 \pm 69,12$ g, Irwin, de $345,80 \pm 45,67$ g, Parvin de $508,88 \pm 126,13$ g, Glenn $476,60 \pm 63,51$ g, y Otts de $435,74 \pm 56,46$ g se sitúan entre los límites aceptados en el mercado de fruta fresca, en el cual le dan poco valor a los superiores a 750 g y sobre todo a los menores de 200 g (Crespo *et al.*, 1981; Avilán y Leal, 1996).

La proporción de pulpa en relación al peso total del fruto representó en Irwin el 81%, en Parvin el 79%, en Edward el 71% en Glenn 69%; mientras en Otts solamente representó el 66%. Según Camacho y Ríos (1972) los contenidos de pulpa son “buenos” en Irwin y Parvin; “corrientes” en Edward y Glenn y “pobre” en Otts.

En el Cuadro 3 se presentan los parámetros físicos y químicos determinados en los cultivares, así como los establecidos por Emaldi (1998) en el cultivar Haden, introducido desde Florida (USA), como patrón de comparación por su amplia aceptación en el mercado nacional e internacional (Avilán y Leal, 1996).

Los valores de textura reportados como fuerza de penetración (expresados en kilogramos) y deformación (expresados en centímetros) indican que los cultivares, con excepción del Parvin, presentaron valores muy similares entre sí, siendo más susceptibles a la deformación de los frutos que el Haden.

En relación con los sólidos totales (%) cuyos valores reseñados en la literatura varían entre 15% y 22% (Emaldi, 1998), Glenn, Otts y Parvin poseen un contenido medio, mientras Irwin ligeramente alto, en relación

al Haden cuyo contenido se puede catalogar de ligeramente bajo. (Emaldi, 1998; datos no publicados).

Todos los cultivares presentaron un contenido de sólidos solubles catalogado como muy bueno, mayor de 15° Brix, por Camacho y Rios (1972). La acidez de los cultivares. puede considerarse como "muy pobre" para Glenn, Otts y Parvin, por presentar un contenido igual o por debajo de 0,2%, y "común" para Irwin por ser superior a 0,4.

El sabor se puede inferir a través de la relación entre los sólidos solubles y la acidez, considerándose como agradable los valores cercanos a 50, ácidos los menores de 50 y dulces los mayores (Crespo *et al.* 1981). El Irwin se considera como agradable, y Glenn, Otts y Parvin como dulces.

CUADRO 3. Parámetros físicos y químicos determinados en los cultivares.

Parámetros	Irwin	OTTS	Edward	Parvin	Glenn	Haden
Textura						
Fuerza Máxima (kg)	1,41	1,41	---	3,10	0,99	3,73
Deformación (cm)	0,42	0,49	---	0,52	0,32	0,69
Consistencia (cm/30")	11,50	12,00	---	4,00	10,00	12,20
Sólidos Totales (%)	19,77	18,10	---	17,28	17,85	15,87
Sólidos Solubles (Brix)	17,50	17,50	15,50	16,00	17,50	15,50
Acidez*	0,42	0,09	0,25	0,20	0,11	0,08
Sólidos Solubles/Acidez	42	194	62	80	159	194
pH	4,53	5,67	4,59	5,13	5,47	5,17
Ácido Ascorbico (mg %)	78,35	18,83	---	5,37	30,21	19,16
Fibra Cruda (%)	0,64	0,59	-----	0,65	0,80	0,59
Fenoles Totales**	42,13	22,30	-----	6,78	22,15	30,29

(1)Análisis fueron realizados en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela.

* :% de ácido Cítrico **: mg % de ácido Tánico

Los valores de pH variaron entre 4,53 y 5,67, mientras el Haden posee un valor intermedio de 5,17. En relación con el ácido ascórbico, a excepción de Parvin (5,37 mg %) el resto de los cultivares superan al Haden (19,16 mg %), destacando el Irwin con 78,35 mg %. El contenido de fibra cruda fue bajo en todos los cultivares, encontrándose dentro de la categoría de “muy buena”.

Los compuestos fenólicos son considerados como componentes adversos a la calidad por estar relacionados con la producción de astringencia, no característico de la fruta madura; servir como substrato en reacciones de oscurecimiento y algunos de ellos como los taninos ser tóxicos (Emaldi, 1998). Los contenidos de los cultivares son relativamente bajos, siendo generalmente señalados para el mango contenidos entre 14% y 75% (Emaldi, 1998).

Incidencia de enfermedades

Las evaluaciones sobre la incidencia de enfermedades realizadas en el país son muy escasas, y dada su importancia en el proceso productivo se presentan las efectuadas en otras regiones productoras, en relación a la “antracnosis” causada por el *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz).

En el Cuadro 4 se presentan el nivel de susceptibilidad señalado por algunos investigadores en la costa atlántica colombiana, caracterizada por una precipitación anual promedio de 1 280 mm, temperatura media de 28 °C y humedad relativa de 82% (Páez, 1997); así como las efectuadas en Florida (USA) y Brasil.

CUADRO 4. Niveles de susceptibilidad a enfermedades de algunos cultivares promisorios de mango presentes en la colección del CENIAP.

Cultivares	Nivel de susceptibilidad y país de referencia
Edward	SM Colombia Páez, 1997); RM Florida (Ploetz <i>et al.</i> , 1994)
Parvin	SB Florida (USA) (Campbell y Campbell, 1991); Brasil (Donadio, 1990)
Irwin	SA Colombia (Páez, 1997); Florida (Ploetz <i>et al.</i> , 1994)
Otts	(sin referencias)
Glenn	RM, Florida (Ploetz <i>et al.</i> , 1994)

S = Susceptibilidad; R = Resistente; A = Alta; M = Moderada; B = Baja

CONCLUSIONES

- Los resultados indican que los cultivares Edward, Glenn, Irwin, Otts y Parvin poseen atributos de calidad adecuados para satisfacer las exigencias del mercado, y constituyen una alternativa para diversificar la oferta.
- Los cultivares Otts y Irwin, caracterizados por una baja tasa de crecimiento que les infiere un tamaño intermedio, facilitan la adopción de marcos más estrechos de plantación para mejorar los niveles de producción.
- Como alternativa para incrementar la producción y la productividad de los cultivares en general en su explotación comercial, se sugiere el empleo de técnicas y procedimientos que permitan controlar el excesivo desarrollo vegetativo y favorezcan la floración; así como emplear mayores densidades de población.

SUMMARY

A characterization and evaluation of the productive capacity and fruit quality of the Edward, Glenn, Irwin, Otts and Parvin cultivars was made. These cultivars were introduced from Florida (USA) in the CENIAP collections as an alternative to diversify supply. Eighty three morph-agronomics descriptor were used and, based on tree dimensions and the harvest register by tree, in the different productive life periods, the productive efficiency was determined thru the fructification index. Fruit quality was evaluated thru the physical and chemical index. Results indicated that the cultivars have quality attributes that fit with the consumers requirements. The use of techniques and procedures to control tree size are suggested, thus allowing smaller planting distances and productivity in commercial farm.

Key Words: *Mangífera indica* L.; description; selection.

BIBLIOGRAFÍA

AVILÁN, L. 1980. El índice de fructificación en frutales perennes. *Agronomía Trop.* 30(1-6):147-157.

AVILÁN, L y M. FIGUEROA. 1983. Clasificación de algunas variedades de mango (*Mangifera indica* L.) cultivadas en Venezuela según el "Índice de fructificación". *Fruits* 37(3):203-207.

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.

AVILÁN, L. 1989. Descriptores para mango .Maracay, Ven. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 30 p.

AVILÁN, L., M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. 1998. Selección de cultivares de mango de la colección del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Período 1952-1996. *Proc Interamer. Soc. Trop. Hort.* 42:191-214.

AVILÁN, L. y F. LEAL. 1996a. El comercio mundial de los frutales y las perspectivas de la fruticultura nacional. Maracay, Ven. Instituto de Investigaciones Agronómicas. CENIAP-FONAIAP. 36 p. (Serie C. N° 41).

AVILÁN, L., F. LEAL, M. RODRÍGUEZ, J. RUIZ and C. MARÍN. 1996b. Mango rootstock and their influence on fruit shape and size. *Acta Horticulturae* 455:479-488.

AVILÁN, L., I. DORANTES y M. RODRÍGUEZ. 1998. Selección de cultivares de mango para el comercio de frutos frescos de la colección del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Período 1952-1996. *Agronomía Trop.* 48(2):107-122.

AVILÁN, L., M. AZKUE, E. SOTO, M. RODRÍGUEZ, J. RUIZ y H. ESCALANTE. 2002. Floración de cultivares de mango de la colección del INIA-CENIAP. *Agronomía Trop.* 52(4):449-462.

BAEZ-SAÑUDO, R., E. BRINGAS-TADDEI and A. PODRIGUEZ-FELIZ. 1999. Quality standard grades for Mexican mangoes and application methodology. *J. Appl. Hort* 1(1):5-10.

BOYER-VIDAL, G. 1987. Estudio de mercado de la CEE para algunas frutas y hortalizas frescas procedentes de países del Pacto Andino. Lima. Junta del Acuerdo de Cartagena. 87 p.

- CAMACHO, S. y D. RÍOS. 1972. Factores de calidad de algunas frutas cultivadas en Colombia. *Revista I.C.A.* 7(1):11-32.
- CAMPBELL, R. and C. CAMPBELL. 1991. The Parvin mango. *Proceedings Florida Horticultural Society.* 104:47-48.
- CAMPBELL, R. (ed). 1992. A guide to mangos in Florida. Fairchild Tropical Garden. Miami, Florida. 227 p.
- CAMPBELL, R. 2000. Strategies for profitable mango production in the new millennium. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture.* 44:47-51.
- CAMPBELL, R. and J. WASIELEWSKI. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. *Acta Horticulturae* 509:641-651.
- CHAIKIATTIYOS, S., C. MENZEL and T. RASMUSSEN. 1994. Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water supply. *Journal of Horticultural Science* 69(3):397-415.
- CHANDLER, W. 1962. *Frutales de hojas perennes.* México. UTEHA. 666 p.
- CHARNVICHIT, S., P. TONGUMPAI, S. SAGUANSUPAYAKORN, L. PHAVAPHUTANON and S. SUBHARDRABANDHU. 1991. Effect of Paclobutrazol on canopy size control and flowering of mango cv Nam Dok Mai Twai N° 4, after hard pruning. *Acta Horticulturae* 291:60-66.
- COCKSHUTT, N. 1990. Florida mango guide. *Tropical Fruit World* 1(3):69-76.
- CRANE, J., I. BALLY, R. MOSQUEDA-VÁZQUEZ and E. TOMER. 1997. Crop production. **In:** R Litz (Ed) *The Mango. Botany. Production and Uses.* CAB International. Oxon, Wallingford. 203-256.
- CRESPO, J., A. VAZ, I. MOTA e M. CABRAL. 1981. Seleção preliminar da mangueira. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 16(3):417-429.
- CUMMINS, J y H. ALDWINCKLE. 1988. Genotécnia de porta injertos. **In:** James Moore y J. Janick (eds). *Métodos genotécnicos en frutales.* México. AGT Editor S.A. pp. 395-441.

DONADIO, L. 1990. 'Parvin'. Uma nova manga de qualidade. *Ciencia Agronômica (Jaboticabal)* 5(1):25-26.

DONADIO, L. 1994. Evaluation of mango varieties in Sao Paulo. *Proceedings Interamerican Society Tropical Horticultural* 38:32-36.

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.

F.A.O. 1996. Consulta internacional sobre frutales tropicales. Kuala Lumpur (Malasia) 15-19 de julio de 1996. ESC:ICTF 96 / INF: 1-10 y CRS 1, 4 y 8.

KNIGHT, R. 1980. Situação mundial da mangicultura. **In:** Anais do V Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangueira. Jaboticabal, 24 al 28 de novembro. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus de Jaboticabal-UNESP. Sociedade Brasileira de Fruticultura. p.193-213.

KULKARNI, V. 1991. Tree vigour control in mango. *Acta Horticulturae* 291:229-234.

LAROUSSILHE, F. 1980. Le manguier. Paris. Mauseonneuve. Larose. 312 p.

LEAL, F. y L. AVILÁN. 2000. Mangos para la exportación a mercados étnicos y tradicionales. **In:** Memorias. VII Congreso Nacional de Frutales. San Cristóbal. Táchira. Venezuela. 18 al 20 de octubre del 2000. Universidad Nacional Experimental del Táchira. pp.106.

LELYVELD, L. VAN and J. SMITH. 1979. Physiological factors in the maturation and ripening of mango (*Mangifera indica* L.) fruit in relation to the jelly-seed physiological disorder. *Journal of Horticultural Science* 54(4):383-287.

LYNCH, J. and W. KROME. 1948. Mango varieties originating in Florida. *Proceedings of the Mango Forum* 8:8-23.

MEDINA, V. 1996. Situação da mangicultura no sub-medio Sao Francisco e perspectivas. **In:** Manga, tecnologia de produção e mercado. Bahia. Universidad Estadual de Sudoeste da Bahia. p. 285-295.

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.

MUKHERJEE, L. 1997. Introduction: botany and importance **In:** The mango. Londres. Ed R. Litz. CAB International. p.1-2.

PÁEZ, A. 1997. Respuesta de cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) a la antracnosis en la Costa Atlántica colombiana. Revista CORPOICA 2(1):45-53.

PLOEZ, G. 1994. Mango. Part III. **In:** Compendium of Tropical Fruit Diseases. R. Ploetz; G. Zentmyer; W. Nishijima; K. Rohobach and H. Ohr. (Eds). APS Press. The American Phytopathological Society. p. 34-36.

PRICE, M. and L. BUTLER. 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. J. Agric Food Chem. 26 (6):1.268-1.273.

RHODES, A., C. CAMPBELL, S. MALO and S. CRAMER. 1970. A numeral taxonomic study of the mango (*Mangifera indica* L.) Journal American Society Horticultural Science 95(2):252-256.

RINCÓN, A. y C. CASTRO. 1977. Ensayo comparativo de 19 variedades de mango (*Mangifera indica*) en la Estación Experimental de Carrasquero. Estado Zulia. Maracaibo. IX Jornadas Agronómicas. 12 p. (mimeo).

RUELHE, D. and R. LEDIN. 1955. Mango growing in Florida. Gainesville. University of Florida. Bulletin 574. 90 p.

SINGH, R. 1978. Mango. New Delhi. Indian Council of Agricultural Research. Books Series N° 3. 99 p.

SERPA, D., M. FIGUEROA y F. LEAL. 1961. Producción de seis variedades de mango durante 1959, 1960 y 1961. Ingeniería Agronómica (Caracas) 7:32-36.

SMATHERS, F. 1990. Florida mangos. Tropical Fruit World 1(3):67-68.

SUKHVIBUL, N., S. HETHERINGTON, A. WHILEY, M. SMITH and V. VITHANAGE. 2000. Effect of temperature on inflorescence development and floral biology of mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Horticulturae* 509:601-607.

TOME, Ma. and N. BONDAD. 1991. Growth and flowering of 'Carabao' mango whith Paclobutrazol and Potassium nitrate. *The Philippine Agriculturist* 74(3):367-374.

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.

WHILEY, A. 1992. Environmental effects on phenology and reproductive physiology of mango- A review. **In:** Abstracts. IV International Mango Symposium. Miami Beach. Florida U.S.A. 5 to 10 july. International Society for Horticultural Science. p. 54.

WHILEY, A. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango. A review. *Acta Horticulturae* 341:168-176.

VENEZUELA. 2000. Estadísticas Agropecuarias. Caracas. Ministerio de Producción y Comercio. 5 p. (Mimeografiado).

TRATAMIENTOS CON ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y LESIONADO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE ICACO (*Chrysobalanus icaco* L.)

Maribel Ramírez-Villalobos*, Aly Urdaneta-Fernández* y Georgina Vargas-Simón**

RESUMEN

En Venezuela el icaco se utiliza como planta ornamental y medicinal. Los frutos son apreciados en forma de dulce en almíbar, jaleas y mermeladas; además, la semilla tiene gran potencial industrial debido a su alto contenido en ácidos grasos. Sin embargo, esta planta presenta dificultades en el enraizamiento de estacas del tallo. Con la finalidad de mejorar el enraizamiento se evaluaron los efectos de las dosis de ácido indolbutírico (AIB), así como de las lesiones en la base y el tipo de estaca. Se seleccionaron estacas apicales (verdes) y subapicales (semiduras) de 15 cm, las cuales fueron tratadas con AIB a razón de 0 y 10 000 mg kg⁻¹ en combinación con la realización o no lesiones en la base de la estaca. Después de seis semanas se midió el porcentaje de estacas enraizadas (PE), número de raíces por estaca (NR) y longitud de la raíz más larga (LR). En las estacas apicales con lesiones y tratadas luego con 10 000 mg kg⁻¹ de AIB se obtuvo un PE de 96%, un NR de 26,1 y una LR de 9,9 cm. En las estacas subapicales sin lesiones e impregnadas con 10 000 mg kg⁻¹ de AIB se registró un PE de 100%, un NR de 38,6 y una LR de 19,1 cm. Las estacas apicales y subapicales sin tratamiento de lesiones y AIB no emitieron raíces.

Palabras Clave: *Chrysobalanus icaco* L.; auxina; lesiones; estaca de tallo.

1 Proyecto "Propagación de especies de interés frutícola y ornamental" registrado en el Consejo de Desarrollo Humanístico y Científico (CONDES) de La Universidad del Zulia (LUZ) como no financiado bajo el N° 0637-02.

* Profesores. Departamento de Botánica. Facultad de Agronomía. LUZ. Apdo. 15205. Maracaibo, Zulia 4005. Venezuela. E-mail: mcramirez@cantv.net, mcramirez@luz.ve

** División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86000.

RECIBIDO: septiembre 24, 2002.

INTRODUCCIÓN

El icaco es una planta de la familia Chrysobalanaceae, oriundo de América y África tropical. Actualmente está adaptado en regiones similares de todo el mundo. En forma espontánea crece desde el sur de los Estados Unidos hasta Brasil, Ecuador y Venezuela, incluyendo las Antillas.

En Venezuela, esta especie también es conocida con los nombres de hicaco, jicacillo o jicaquillo, gicaco y cocoplum (Hoyos, 1989); crece bien en zonas de clima caliente, aunque prospera bien en climas medios y no pasa de los 1 500 m.s.n.m. Prefiere suelos de textura media, bien drenados, donde no falte la humedad (Avilán *et al.*, 1992).

También crece perfectamente en la zona costera del norte del país, algunas veces en forma semiespontánea. Particularmente, en el estado Zulia tiene importancia como fuente alimenticia, ornamental y medicinal; los frutos se comen relativamente poco en su estado natural, aunque son muy apreciados en forma de dulce en almíbar. El sabor aumenta si antes de hervirlos se abren las cubiertas de las semillas para que el preparado reciba el sabor de la "almendra" o semilla (Hoyos, 1989). Presenta un gran potencial industrial, ya que su semilla es rica en ácidos grasos (Vargas *et al.*, 1997).

La propagación de esta especie generalmente se efectúa por medio de semilla (Avilán *et al.*, 1992), método natural de reproducción que tiene diversas ventajas, sin embargo, se manifiesta desuniformidad en el material genético debido a la condición heterocigota y alógama de la especie, además, se requiere un tiempo más prolongado hasta 7 años para obtener la producción de frutos (Vargas *et al.*, 1997). Es por esto que existe interés en promover estudios tendentes a buscar otras técnicas de multiplicación de plantas sobresalientes con potencial e importancia económica.

Una práctica muy utilizada es el enraizamiento por medio de estacas del tallo (Avilán *et al.*, 1992), la cual es una forma asexual de multiplicación con la que se obtienen ciertas características como la uniformidad de las plantaciones, debido a que no hay variabilidad genética. También con esta técnica se acorta el periodo juvenil, al igual que las fases de floración y fructificación al emplear material de plantas adultas, aunque el éxito está relacionado con el tamaño y tipo de estaca, el medio de enraizamiento o sustrato y el uso de reguladores del crecimiento (Hartmann y Kester, 2001; San Miguel *et al.*, 1999).

Para garantizar un buen enraizamiento de las estacas se utilizan particularmente auxinas, ya que éstas promueven la iniciación de las raíces, incrementan su número y calidad, aumentan la uniformidad del enraizamiento y reducen el tiempo del proceso (Hartmann y Kester, 2001).

En muchas plantas el enraizamiento es un proceso espontáneo, mientras que en las especies recalcitrantes, como el icaco, se ha comprobado que la aplicación de ácido indolacético (AIA) y las auxinas sintéticas ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) estimulan el enraizamiento (Acosta *et al.*, 2000; Hartmann y Kester, 2001). Weaver (1990) indica que las auxinas estimulan la expansión celular y también la división celular, y frecuentemente fomentan el desarrollo de callos, de los que se desprenden crecimientos similares a raíces.

El compuesto natural que se acepta como auxina es el AIA. También se consideran como auxinas naturales el ácido fenilacético, algunos cloroindoles y, recientemente, el AIB (Acosta *et al.*, 2000). Esta última se pensó en un principio que era sólo una auxina sintética activa, pero se da en hojas de maíz y en varias dicotiledóneas, por lo que estará muy difundida en el reino vegetal (Salisbury y Ross, 2000).

El AIA es químicamente similar al aminoácido triptofano, por lo que durante muchos años se ha considerado a este aminoácido el precursor de la síntesis del AIA. Actualmente se acepta que el AIA puede sintetizarse también a partir de un precursor del triptofano (Acosta *et al.*, 2000).

Por difusión llega a los diferentes órganos mediante los tejidos vasculares (xilema y floema) y además puede ser transportado por células no vasculares como las del cambium y las parcialmente diferenciadas asociadas al floema (Acosta *et al.*, 2000). Esta auxina se desplaza en los tubos cribosos si se aplica a la superficie de una hoja madura para exportar azúcares, pero el transporte normal en tallos y pecíolos comienza en las hojas jóvenes y sigue hacia abajo, a lo largo de los haces vasculares. También las auxinas sintéticas aplicadas a las plantas se mueven de esta manera (Salisbury y Ross, 2000).

Existe información que indica que las estacas que producen un mejor enraizamiento son las estacas provenientes de material joven o nuevo, correspondientes a la periferia de la planta (Hernández y Leal, 1997), dado que el contenido de auxina es mayor en estos tejidos, donde se

sintetiza el AIA. Allí se encuentran las enzimas necesarias para la conversión del triptofano en AIA (Acosta *et al.*, 2000; Salisbury y Ross, 2000).

La posición dentro de la planta de donde se obtiene la estaca, bien sea apical o basal, también ocasiona variación en la producción de raíces; en muchos casos, el mayor porcentaje de enraizamiento se logra con estacas procedentes de la porción basal de la rama; en los tallos leñosos de uno o más años de edad se acumulan carbohidratos en la base de las ramas, lo que puede conllevar a la formación de algunos iniciales de raíces, quizás bajo la influencia de sustancias promotoras de las yemas y hojas (Hartmann y Kester, 2001; Veierskov, 1988).

La ejecución de heridas o lesiones en la base de las estacas ha sido beneficiosa para el enraizamiento de las mismas, sobre todo en estacas de madera dura vieja. En algunas especies la producción de callo y el desarrollo de raíces son mucho mayores en los márgenes de las heridas, debido a que con esta práctica se estimulan los tejidos heridos a entrar en división celular y a producir primordios radicales.

Se produce una acumulación natural de auxinas y de carbohidratos en el área lesionada y un incremento en la tasa de respiración (Hartmann y Kester, 2001); además al efectuarse heridas los tejidos son estimulados para que produzcan etileno, el cual se sabe que promueve la formación de raíces adventicias (Hartmann y Kester, 2001; Salisbury y Ross, 2000; Wilson, 1994; Zacarías y Lafuente, 2000). Se busca también con el lesionado romper o eliminar cualquier barrera física como la presencia de anillos de esclerenquima que pudieran obstaculizar el desarrollo de raíces (Hartmann y Kester, 2001).

Las raíces adventicias tienen un origen endógeno cerca de los tejidos vasculares y crecen a través de tejidos situados por fuera del punto de origen. En los tallos jóvenes de las dicotiledóneas y las gimnospermas, las raíces adventicias nacen generalmente en el parénquima interfascicular, y en los tallos más viejos en el radio vascular cerca del cambium. En el caso específico de icaco, el origen de las raíces adventicias es el cambium vascular y de las laterales, el periciclo (Vargas *et al.*, 1997).

En este trabajo se evaluó el efecto del tipo de estaca, apicales y subapicales; la práctica de lesionado y la aplicación del ácido indolbutírico, en el enraizamiento del icaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el propagador del vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, ubicado geográficamente a 10° 41' 12" L.N. y 71° 38' 0" L.O.; altitud 25 m.s.n.m.; temperatura promedio 27 a 29 °C, precipitación anual, 500 mm; humedad relativa, 76% y radiación solar, 1 101,72 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Ewel y Madriz, 1976).

De plantas adultas de icaco de 10 años de edad, fueron seleccionados dos tipos de estacas, apicales (verdes) y subapicales (semiduras) con una longitud de 15 cm aproximadamente, dejando cuatro hojas y cinco nudos por estaca. Las plantas en el momento de la recolección del material vegetal se encontraban en fase vegetativa.

El sustrato utilizado fue una mezcla de arena y abono de río (materia orgánica) en proporciones iguales. Posteriormente, se le añadió 10 ml de Ridomil® a razón de 3 g l⁻¹ (Metalaxil + Mancozeb). El sustrato se colocó en vasos de plástico N° 5 (7 cm de diámetro x 10 cm de altura).

Los tratamientos se obtuvieron de la combinación de las dos dosis de AIB a 0 y 10 000 mg kg⁻¹, con la realización o no de la práctica de lesiones (2 heridas de 2 cm) en la base y con dos tipos de estacas apicales y subapicales (Cuadro 1).

El diseño que se aplicó fue totalmente al azar con cinco repeticiones y cinco estacas como unidad experimental. A las seis semanas se evaluaron las variables porcentaje de estacas enraizadas (PE), de estacas vivas con o sin enraizamiento, número de raíces por estacas y longitud de la raíz más larga.

Se establecieron 25 estacas por tratamiento, a las cuales se les aplicaron las diferentes prácticas de lesionado y/o aplicación de la auxina AIB en polvo. Luego se colocó una estructura metálica en cada vaso, la cual se cubrió con una bolsa plástica cerrada herméticamente con el fin de mantener una alta humedad relativa alrededor de la estaca.

Se efectuó un análisis de varianza por medio del programa SAS (1987) y cuando hubo efectos significativos se aplicó la prueba de Tukey (P<0,05). La variable PE fue transformada con la ecuación arco seno $(x+1)^{1/2}$ para ajustarla a la normalidad.

CUADRO 1. Descripción de los tratamientos efectuados en estacas de tallo con hojas de icaco.

Tratamiento	Ácido indolbutírico	Tipo estaca	Lesiones en la base
1	0 mg kg ⁻¹	Apicales	Sin lesiones
2	0 mg kg ⁻¹	Apicales	Con lesiones
3	0 mg kg ⁻¹	Subapicales	Sin lesiones
4	0 mg kg ⁻¹	Subapicales	Con lesiones
5	10 000 mg kg ⁻¹	Apicales	Sin lesiones
6	10 000 mg kg ⁻¹	Apicales	Con lesiones
7	10 000 mg kg ⁻¹	Subapicales	Sin lesiones
8	10 000 mg kg ⁻¹	Subapicales	Con lesiones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 el máximo porcentaje de estacas enraizadas se obtuvo cuando las estacas subapicales semiduras fueron tratadas con 10 000 mg kg⁻¹ de AIB y no se les realizaron las lesiones o heridas en la base (100%). Este tratamiento fue estadísticamente igual al de las estacas apicales de madera suave con lesiones en la base y tratadas con la auxina AIB.

En un segundo grupo se ubicaron las estacas apicales y subapicales tratadas con AIB sin lesiones (76%) y con lesiones (80%), respectivamente. La mayor habilidad del enraizamiento en los tallos tratados con AIB está relacionada con el incremento de la actividad cambial y del subsecuente aumento del tejido parenquimático de mayor actividad metabólica en el tallo, circunstancia que puede incidir favorablemente en la disponibilidad de carbohidratos solubles durante el proceso de enraizamiento (Laskowski y Bautista, 1999).

Acosta *et al.* (2000) señalan que la sensibilidad de un tejido u órgano a las auxinas puede variar con la edad y las condiciones ambientales, por lo que ésta depende de diversos factores siendo los que probablemente desempeñen un papel mayor la concentración de los receptores hormonales, la efectividad de la unión receptor-hormona y la cadena de aconteci-

CUADRO 2. Efecto de la aplicación del ácido indolbutírico, del tipo de estaca y de la práctica de lesiones en la base sobre el porcentaje de estacas enraizadas y el porcentaje de estacas vivas de icaco, a las seis semanas.

Ácido Indolbutírico*	Tipo de estaca	Lesiones en el base de la estaca	Porcentaje de estaca enraizadas	Porcentaje de estacas vivas
0	Apicales	Sin lesiones	0	100
0	Apicales	Con lesiones	16	100
0	Subapicales	Sin lesiones	0	100
0	Subapicales	Con lesiones	16	100
10 000	Apicales	Sin lesiones	0	100
10 000	Apicales	Con lesiones	76b	100
10 000	Subapicales	Sin lesiones	96a	100
10 000	Subapicales	Con lesiones	100a	100

mientos que se sucede con posterioridad a dicha unión, de la que depende la respuesta final. Además concluyen que para algunos autores la respuesta hormonal estaría condicionada únicamente por la sensibilidad, sin embargo, la opinión más extendida es que tanto la variación de la concentración como la sensibilidad frente a las auxinas son importantes en la acción hormonal.

La aplicación de AIB incrementó el enraizamiento de las estacas apicales y subapicales de icaco, lo que sugiere que la alta concentración de la auxina (10 000 mg kg⁻¹) utilizada fue buena promotora de la iniciación y desarrollo de raíces adventicias.

Los porcentajes de estacas enraizadas obtenidos tienen semejanza con los reportados por Vargas *et al.* (1999), quienes lograron a los 79 d de la siembra un 86,7% de enraizamiento en estacas apicales de icaco, las cuales recibieron un retratamiento a los 49 d que consistió en hacer

lesiones en la base y aplicar AIB ($10\ 000\ \text{mg kg}^{-1}$). Sin embargo, los resultados difieren en el tiempo requerido para el enraizamiento y en el tratamiento usado para inducir el enraizamiento, dado a que en esta investigación el tiempo para el enraizamiento fue menor, de 6 semanas (42 d), y las estacas no necesitaron de un retratamiento.

Las diferencias observadas en cuanto a los tratamientos y el tiempo de enraizamiento pueden ser atribuidas a las posibles diferencias en la variabilidad genética dentro de la especie, a las condiciones bajo las cuales se desarrolla la planta madre, o bien, a las condiciones de experimentación, factores que afectan el proceso de formación de raíces (Hartmann y Kester, 2001; San Miguel *et al.*, 1999; Vargas *et al.*, 1997).

Las estacas de icaco sin el tratamiento de AIB no formaron raíces, lográndose un 16% de enraizamiento cuando a las estacas apicales se les efectuaron lesiones en la base. Las estacas que no enraizaron presentaron buen aspecto, permanecieron vivas sin signos de marchitez o pudrición, lo que indica que esta especie requiere de ciertos tratamientos para enraizar, lo cual ha sido señalado en otras investigaciones (Vargas *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 1999). En cuanto al porcentaje de estacas vivas éste fue del 100% en todos los tratamientos, denotando que las condiciones de manejo (planta madre, técnicas, sustrato y condiciones ambientales) bajo las cuales se desarrollo el experimento fueron las adecuadas.

Los bajos porcentajes de enraizamiento obtenidos en las estacas sin tratamiento de AIB manifiestan que el contenido de auxina natural en las estacas de icaco es sumamente bajo, situación que impide su enraizamiento aun cuando se colocan en un buen sustrato y con alta humedad relativa. En las estacas apicales y subapicales sin tratamiento de AIB y sin lesiones, tampoco se obtuvo formación de raíces indicando esto que no existió una liberación y traslocación de la auxina endógena, la cual es un requerimiento para la iniciación de las raíces adventicias en tallo y para la división de las primeras células iniciadoras de la raíz (Hartmann y Kester, 2001; Sharma *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 1999).

Los efectos del tipo de estaca (TE) y las lesiones en la base de la estaca (LE) no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de estacas enraizadas, aunque, la interacción entre TE y LE sí mostró diferencias

En cada uno de estos procesos pueden existir mecanismos particulares de diferenciación, en todos ellos el etileno actúa promoviendo el número y el desarrollo de estructuras, debido a que su acción también está mediatizada o conectada con las auxinas, por lo que se ha sugerido que en la formación de pelos radiculares puede existir una ruta en la que ambas hormonas actúen coordinadamente y otra ruta independiente para cada una de ellas. Los investigadores manifiestan que la acción de las hormonas se realizaría promoviendo el desarrollo radial de las células epidérmicas, una vez se ha producido la diferenciación de las mismas.

Salisbury y Ross (2000) expresan que muchos efectos mecánicos (como heridas), de estrés y sequía, y de aplicación de auxina, entre otros, aumentan la producción de etileno, cuyo precursor cercano es el ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC). Actualmente, se cree que el factor que limita la velocidad de formación del etileno suele ser catalizado por la ACC cintaza, responsable de la biosíntesis del etileno. Adicionalmente, Piñol *et al.* (2000) reseñan que las altas concentraciones de auxinas promueven un incremento de la síntesis de etileno al impedir la conjugación de azúcares de las auxinas (los -OH que contienen se unen muy fácilmente a azúcares) y, a la vez, activar la enzima ACC cintaza.

En tallos de alubia (*Phaseolus aureus*) y en plántulas de guisante (*Pisum sativum*) se ha obtenido que el AIA multiplica en varios cientos la formación del etileno, y que en éstos y otros tejidos, las auxinas inducen la formación adicional de la ACC cintaza, lo que provoca una mayor producción de etileno; así mismo, infieren que las heridas también aumentan la producción de etileno, puesto que inducen la formación de ACC cintaza.

Es probable, por la interacción auxina-herida, que las estacas lesionadas absorban mayor cantidad de agua del medio de enraizamiento, efectúen una mayor absorción de los reguladores de crecimiento aplicados y haya un incremento en la síntesis de cofactores del enraizamiento como el etileno (Hartmann y Kester, 2001; Vargas *et al.*, 1999). La mayor absorción se podría asociar a la separación del tallo de su fuente principal de agua y nutrientes ya que se convierte en una estructura demandante, dando como consecuencia un incremento del flujo vascular y de la misma forma que las yemas en esta etapa tengan una demanda preferencial por carbohidratos (Wilson, 1994).

Para la variable número de raíces por estaca, los mejores resultados se lograron en las estacas subapicales con y sin lesiones tratadas con la auxina AIB dado a que registraron 36,1 y 38,6 raíces por estaca, respectivamente (Cuadro 4), valores que estadísticamente no fueron diferentes entre ellos, lo cual sugiere que no es necesario efectuar lesiones en las estacas subapicales.

Estos resultados contradicen lo reportado por Hartmann y Kester (2001), que las ramas apicales presentan un mejor enraizamiento porque en su porción terminal o apical se encuentra una mayor concentración de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento (auxinas) y, aunado a esto, los tejidos presentan un menor grado de diferenciación y en consecuencia hay una mayor cantidad de células capaces de convertirse en meristemáticas.

CUADRO 4. Efecto de la práctica de lesiones en la base y la concentración de ácido indolbutírico en el número de raíces y la longitud de la raíz más larga en estacas apicales y subapicales de icaco, a las seis semanas.

Tipo de estaca	Ácido indolbutírico (mg kg ⁻¹)	Lesiones en la base de la estaca	Número de raíces por estaca	Longitud de la raíz más larga (cm)
0	Apicales	Sin lesiones	0	0
0	Apicales	Con lesiones	2,2	1,8
0	Subapicales	Sin lesiones	0	0
0	Subapicales	Con lesiones	0	0
10 000	Apicales	Sin lesiones	12,5c	7,5
10 000	Apicales	Con lesiones	26,1b	9,9bc
10 000	Subapicales	Sin lesiones	38,6a	19,1a
10 000	Subapicales	Con lesiones	36,16a	13,7b

Medias con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$).

El alto número de raíces en este tipo de estaca, subapical semidura, puede ser explicado por su condición nutricional debido a que ésta tienden a tener un mayor contenido de carbohidratos (Hartmann y Kester, 2001; Salisbury y Ross, 2000), los cuales juegan un papel muy importante en la formación de raíces adventicias, sirven como una fuente de esqueletos de carbono necesarios para nuevos productos metabólicos; de estos, los fosforilados intervienen durante la iniciación radical, donde la vía respiratoria cambia de pentosa fosfato a la glicolítica, lo que habilita al nuevo tejido meristemático a recibir esqueletos de carbono que serán necesarios para el desarrollo de nuevas raíces (Veierskov, 1988).

En las estacas apicales se encontró que las lesiones incrementaron significativamente el número de raíces de 12,5 a 26,1, posiblemente asociado a los efectos por el etileno explicados anteriormente para el proceso de enraizamiento. En cuanto a la poca diferencia en la respuesta al enraizamiento entre las estacas apicales sin lesiones y las subapicales lesionadas, pudo ser debido a la capacidad de absorción de las auxinas por el tejido nuevo de las primeras y por tener una peridermis inicial de las segundas, de hecho las estacas de tallo semiduras de icaco no contienen en su interior tejido esclerenquimático que inhiba el desarrollo de las raíces adventicias, según observaciones realizadas en un trabajo de anatomía del enraizamiento de esta especie (Vargas *et al.*, 1997). Las lesiones por su parte contribuyeron -como anteriormente se ha señalado en un aumento sustancial de tejido adventicio.

En relación a la longitud de la raíz más larga, el mayor valor lo presentaron las estacas subapicales sin lesiones tratadas con AIB (19,1 cm), longitud que fue diferente del resto de los tratamientos. En un segundo grupo de significancia se encontraron las mismas estacas con lesiones y tratadas con AIB (13,7 cm) y en un tercero las apicales con y sin lesiones tratadas con AIB.

Los valores obtenidos en el número de raíces por estaca y longitud de la raíz sugieren que la auxina AIB ($10\ 000\ \text{mg kg}^{-1}$) fue una excelente promotora de la iniciación y del desarrollo de raíces, asociado a la alta concentración empleada. Los resultados de ambas variables son superiores a los registrados en otras investigaciones (Vargas *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 1999). Bacarín *et al.* (1994) señalan que las auxinas además de aumentar el porcentaje de enraizamiento, apresuran la iniciación radical y aumentan el número y calidad de las raíces producidas.

Trabajos realizados en otras especies confirman que la utilización de altas concentraciones de auxinas, como el AIB, mejora la respuesta de enraizamiento. En acodos de jujube (*Zizyphus jujube*) y phalsa (*Grewia subinaequalis*) se ha logrado un 95% y 100% de enraizamiento, respectivamente, con la dosis de 10 000 mg kg⁻¹ (Chatterjee y Rao, 1978; Prasad *et al.*, 1982); así mismo, en mango un 60% de enraizamiento con 15 000 mg kg⁻¹ (Sirohi y Ram, 1993) y en níspero (*Achras sapota* L.) un 74,28% con 25 000 mg L⁻¹ (Hore y Sen, 1992). En cacao (*Theobroma cacao*) se ha adelantando el proceso de enraizamiento a los 37 d con la aplicación de AIB, obteniéndose un 27,8% de enraizamiento en estacas semiduras tratadas con 10 000 mg L⁻¹ de la fitohormona y un 66,6% de enraizamiento en estacas de madera suave con 6 000 mg L⁻¹ (Hernández y Leal, 1997).

CONCLUSIONES

- El enraizamiento de estacas de tallo con hojas en icaco fue exitosa, tanto en estacas apicales de madera suave con lesiones en la base como en las estacas subapicales de madera semidura sin lesiones, al tratarlas con 10 000 mg kg⁻¹ de ácido indolbutírico por registrar los mayores valores de porcentaje de estacas enraizadas a las seis semanas de su establecimiento, 96 y 100%, respectivamente. En las estacas apicales sin lesiones y subapicales con lesiones, tratadas con ácido indolbutírico, el porcentaje de enraizamiento fue bueno, 76% y 80%, respectivamente.
- En los tratamientos sin aplicación de ácido indolbutírico no hubo la emisión de raíces, sólo cuando se efectuaron lesiones a las estacas apicales, la respuesta fue de un 16% de enraizamiento.
- El máximo número de raíces por estaca (38,6) y de longitud de la raíz (19,1 cm) se lograron en estacas subapicales semiduras tratadas con 10 000 mg kg⁻¹ de ácido indolbutírico sin lesionar.

SUMMARY

Icaco is used Venezuela for its fruits and as an ornamental and medicinal plant. Fruits are valued as as preserves, jelly and marmalade; and seed have great industrial potential due to their high content in fatty acids. However, this plant presents difficulties in the rooting of stem cuttings.

In order to improve rooting, the effect of indolbutiric acid (IBA), lesions in the base and cutting type were evaluated. A selection of apical (green) and subapical (semihard) cuttings of 15 cm were treated with IBA at 0 and 10 000 mg kg⁻¹ in combination with the execution or not of lesions on cutting base. After six weeks, the rooting percentage (RP), root number by cutting (RN) and length of the longest root (LR) were measured. In apical cuttings with lesions and treated with 10 000 mg kg⁻¹ of IBA a RP of 96%, a RN of 26.1 and LR 9.9 cm were obtained; and subapicals without lesions and impregnated with 10 000 mg kg⁻¹ of IBA registered a RP of 100%, a RN of 38.6 and LR of 19.1 cm. Apical and subapical cuttings without lesions and IBA treatments did not emit roots.

Key Words: Auxin; lesion; stem cutting; *Chrysobalanus icaco*.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA E., M., J. SÁNCHEZ B. y M. BAÑÓN A. 2000. Auxinas. In: Azcón, J. y M. Bieto (Eds). Fundamentos de fisiología vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Edicions Universitat de Barcelona. p. 305-323.

AVILÁN, L., F. LEAL y D. BAUTISTA. 1992. Manual de Fruticultura. Principios y manejo de la producción. Segunda Edición. Editorial América C. A. Caracas, Venezuela. 1 467 p.

BACARÍN, M., M. BENINCASA, V. ANDRADE e F. FERREIRA. 1994. Enraizamiento de estacas aéreas de goiabeira (*Psidium guajava* L.): efeito do ácido indolbutírico sobre a iniciacao radicular. Revista Científica, Sao Pablo 22:71-79.

CHATTERJEE, B. K. and D. P. RAO. 1978. Propagation of jujube (*Zizyphus jujube*) by air layering. Indian Agric. 22:135-187.

EWEL, J. y A. MADRIZ. 1976. Zonas de vida en Venezuela. Memoria Explicativa sobre mapa Ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). Caracas.

HARTMANN, H. y D. KESTER. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Octava Reimpresión. Editorial Continental. México. 760 p.

HERNÁNDEZ, S. y F. LEAL. 1997. Enraizamiento de estacas de cacao. Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología 15:1-12.

HORE, J. K. and S. K. Sen. 1992. Propagation of sapota (*Achras sapota* L.) by stem cutting. Indian Agriculturist 36:101-105.

HOYOS, J. 1989. Frutales en Venezuela. Sociedad de Ciencia Naturales la Salle. Venezuela. Monografía No 36. Caracas, Ven. 366 p.

LASKOWSKI, L. y D. BAUTISTA. 1999. Características anatómicas de raíces adventicias en estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* DC) tratadas con ácido aindlbutírico. Bioagro 11:88-96.

PIÑOL, M. T., J. PALAZÓN y R. M. CUSIDÓ. 2000. Introducción al metabolismo secundario. In: Azcón, J. y M. Bieto (Eds). Fundamentos de fisiología vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Edicions Universitat de Barcelona. p. 261-283.

PRASAD, J., L. RAM and R. A. RAM. 1982. Studies of propagation technique in phalsa (*Grewia subinaequalis*) through stool layering. Indian J. Hort. 49:189-192.

SALISBURY, F. y ROSS, C. 2000. Fisiología de las plantas. Primera Edición. Editorial Paraninfo Thomson Learning. España. 988 p.

SAN MIGUEL, F., C. MICHELANGELI de CLAVIJO, C. BASSO y A. TRUJILLO. 1999. Enraizamiento de estacas de onoto. Agronomía Trop. 49:60-79.

SAS, Institute, INC. 1987. SAS (Statistical Analysis System) the Institute INC, Cary, NC, USA.

SHARMA, R., T. SHARMA and R. SHARMA. 1991. Influence of regulators and de time of operations rootage of air layering in guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda. Rissa Journal of Horticulural 19:41-45.

SIROHI, S. C. and S. RAM. 1993. Stooling of dwarf mango cultivars. Indian J. Hort. 50:189-196.

VARGAS, G, G. ARELLANO y E. GARCÍA. 1997. Propagación por estacas con hojas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) y anatomía del enraizamiento. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 41:264-269.

VARGAS, G., G. ARELLANO y R. SOTO. 1999. Propagación por estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) sometidas a aplicaciones de auxinas. *Bioagro* 11:103-108.

VEIERSKOV, B. 1988. Relations between carbohydrates and adventitious root formation **In:** Adventitious root formation in cuttings. Vol. 2. Davis, D.T., B.E. Haissig and N. Sankhla, (eds.). Dioscorides Press. U.S.A. pp. 70-79.

WEAVER, R. J. 1990. Reguladores del crecimiento de las pantas en la agricultura. Séptima reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 p.

WILSON, P. J. 1994. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. *Journal of Horticultural Science* 69: 591-600.

ZACARÍAS, L. y M. T. LAFUENTE. 2000. Etileno, ácido abscísico y otros reguladores del desarrollo. **In:** Azcón, J. y M. Bieto (Eds). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Primera Edición. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S. A. U. Edicions Universitat de Barcelona. p. 361-375.

FERMENTADORES PARA CACAO USADOS POR LOS PRODUCTORES DE LA LOCALIDAD DE CUMBOTO, VENEZUELA

Carmen Contreras*, Ligia Ortiz de Bertorelli**,
Lucía Graziani de Fariñas* y Pablo Parra**

RESUMEN

Para evaluar los tipos de fermentadores usados por los productores de Cumboto, fueron cosechadas, desgranadas y fermentadas en sacos de yute, cajas de plástico y de madera saqui saqui, mazorcas de cacao tipo forastero de la zona. El proceso fermentativo tuvo una duración de cuatro días y los granos fueron volteados a las 24 y 72 horas de iniciado el proceso. La temperatura fue medida diariamente, así como los índices de hinchamiento y fermentación a los 0, 2 y 4 d, tiempo en el que también fueron determinados la humedad, proteínas, pH, acidez total, taninos y azúcares totales en la pulpa + testa y en el cotiledón del grano en fermentación. Los resultados revelaron que entre los fermentadores, las características físicas no variaron significativamente, en cambio las características químicas difirieron a un nivel de probabilidad del 5%, lo que influyó sobre la humedad, los taninos, la acidez y los azúcares de la pulpa + testa y sobre la humedad y las proteínas del cotiledón. Los tres tipos de fermentadores resultaron eficientes en el proceso fermentativo, ya que se alcanzaron temperaturas e índices de fermentación apropiados, sin embargo por las características químicas obtenidas en el cacao y por razones de uso práctico, del manejo, el cajón de madera pudiese ser considerado como el tipo de fermentador más adecuado.

Palabras Clave: Cacao; fermentación; tipo de fermentadores.

INTRODUCCIÓN

La fermentación del cacao es una etapa muy importante en el procesamiento del grano, ya que se producen los cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y del sabor. Diversos factores que

* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología e **Instituto de Botánica. Apdo. 4579. Maracay 2101. Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela. E-mail: parrap@agr.ucv.ve

RECIBIDO: mayo 02, 2002.

influyen sobre el proceso fermentativo, dentro de los que destaca el tipo de cacao, las condiciones ambientales (Rohan, 1964) y el almacenamiento de la mazorca (Meyer y Biehl, 1989; Samah *et al.*, 1993a), así como el sistema empleado en la fermentación.

Así mismo, el tipo de fermentador (Vargas *et al.*, 1989), el volumen de la masa (Braudeau, 1970; Puziah *et al.*, 1989; Portillo, 2000) y el volteo durante el proceso (Puziah *et al.*, 1989) afectan la fermentación y en consecuencia la calidad del grano fermentado. El proceso fermentativo se realiza de distintas maneras y los métodos tradicionalmente más utilizados son la fermentación en canastas, cajas o en montones (Braudeau, 1970).

En la zona cacaotera de Cumboto, la mayoría de los productores fermentan en sacos de yute, cajas de plástico y en montones. Sin embargo, en la actualidad varios productores están efectuando este proceso en las cajas de madera disponibles en El Central de Beneficio de Ocumare de La Costa, el cual ha sido recuperado.

En Cumboto la aplicación de un determinado método de fermentación depende, básicamente, de la experiencia del productor y el manejo post cosecha, por lo general, es realizado con una gran variabilidad, que ha impedido garantizar a los compradores un producto con una determinada calidad, lo cual ha incidido negativamente en el precio y en el prestigio del cacao (Graziani *et al.*, 2002).

El objetivo de este estudio consistió en evaluar los tipos de fermentadores utilizados por los productores de cacao de la localidad de Cumboto, a fin de seleccionar el más adecuado para el proceso fermentativo en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el ensayo fueron realizadas dos cosechas, recolectándose en cada una de ellas y de forma aleatoria 120 mazorcas maduras y sanas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo forastero de la localidad de Cumboto del estado Aragua.

Esta zona presenta una precipitación anual de 467 y 988,7 mm con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso, temperatura media anual de 25,76 °C y una humedad relativa de 68,1% (Monagas, 1995).

En la identificación de los árboles de cacao fueron utilizados algunos descriptores taxonómicos recomendados por Bekele *et al.* (1994) y como criterio de madurez de los frutos se aplicó el señalado por González *et al.* (1999).

Las mazorcas, recién cosechadas, fueron desgranadas manualmente y separadas en tres lotes iguales para su fermentación por duplicado en cada fermentador. Dicho proceso se llevó a cabo en Cuyagua, zona con un rango de precipitaciones similar al de Cumboto, temperatura promedio anual 25,65 °C, evaporación alrededor de 900 mm y humedad relativa promedio de 66% (Galviz, 1994).

Para la fermentación se utilizaron los siguientes fermentadores: caja de madera saquí saquí de 20 x 10 x 10 cm (largo x ancho x alto) con perforaciones de 1 mm en el fondo; caja plástica de 23 x 11 x 15 cm y sacos de yute de 30 x 20 x 18 cm. Cada fermentador fue llenado con aproximadamente 2 kg de granos de cacao. Las cajas de madera y plástico fueron cubiertas, primeramente, con bolsas de plástico y luego con lona, con el fin de evitar pérdidas de temperatura, en tanto que el fermentador tipo saco fue amarrado con un cordón y suspendido. La fermentación tuvo una duración de cuatro días y las masas fermentantes fueron volteadas a las 24 y 72 h de iniciado el proceso.

En el ensayo se empleó un diseño estadístico de bloques al azar (cosechas) con dos repeticiones, utilizándose un experimento factorial 3², donde los factores a evaluar a tres niveles fueron el tipo de fermentador (caja de madera, caja plástica y saco de yute) y el tiempo de fermentación (0, 2 y 4 d). La unidad experimental utilizada en el ensayo fue de 2 kg.

Para el análisis físico la temperatura fue medida, diariamente y a la misma hora a los 5 cm de la superficie en el centro de la masa de cacao, con un termómetro calibrado de 0 a 100 °C y apreciación de ± 0,1 °C. El índice de fermentación (IF) fue determinado de acuerdo con la norma N° 442-78 COVENIN (1978) a los 0, 2 y 4 d de transcurrido el proceso de fermentación, mientras que la clasificación de los granos fue realizada mediante el criterio utilizado por Tomlins *et al.* (1993). Como índice óptimo de fermentación fue tomado un valor mayor ó igual al 60% de granos con el cotiledón pigmentado de color pardo (Barel, 1987). El índice de hinchamiento (IH) fue medido a los 0, 2 y 4 d del proceso, según la metodología señalada por Barel (1987).

Durante el análisis químico se tomaron 300 g de muestras a los 0, 2 y 4 d de iniciada la fermentación, con el fin de efectuar en el cotiledón y pulpa + testa los siguientes análisis químicos según la AOAC (1997): Humedad, método N° 931.04; proteínas, método N° 970.20, incorporando un desgrasado previo con éter de petróleo por 4 h (Graziani *et al.*, 2003); pH, método N° 970.21; acidez total titulable, método N° 942.15; azúcares totales, método N° 925.35. Además fueron determinados los taninos usando el reactivo Folin Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965).

Todos los análisis fueron realizados por triplicado y a los resultados se les aplicó un análisis de varianza complementado con una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la temperatura de la masa, al fermentar el cacao, fue similar en los tres tipos de fermentadores, en los cuales esta variable se incrementó gradualmente y descendió en el cuarto día a valores inferiores a los 40 °C, alcanzándose con la caja de madera una temperatura de 45 °C (Cuadro 1), considerada como óptima para el proceso (Barel, 1987).

La prueba de medias de Duncan mostró variaciones significativas ($P < 0,05$) en el tiempo, correspondiéndole el mayor valor a los 2 y 3 d, en cambio, las temperaturas medias obtenidas con los tres fermentadores no difirieron entre sí.

El incremento observado en esta variable es producido por el calor generado por las reacciones exotérmicas asociadas con la actividad microbiana, es decir, por la acción de las levaduras y bacterias que se desarrollan durante la fermentación (Cros y Jeanjean, 1995; Senanayake *et al.*, 1995).

En cuanto a los índices de fermentación y de hinchamiento, los valores aumentaron a medida que transcurrió el proceso fermentativo (Cuadro 1) y difirieron a un nivel de probabilidad del 5% entre los días, en tanto que entre los fermentadores no se observaron variaciones significativas. Durante la fermentación ocurren reacciones bioquímicas en el interior del grano que causan el oscurecimiento del cotiledón, así como el hinchamiento del grano, lo que conlleva a un aumento de dichos índices (Braudeau, 1970; Barel, 1987).

CUADRO 1. Características físicas del cacao durante la fermentación en tres tipos de fermentadores.

Características	Fermentadores	Tiempo					Media
		0	1	2	3	4	
Temperatura °C	Caja madera	27,0	34,5	39,5	45,0	39,5	37,1a
	Caja plástica	27,0	36,5	43,0	43,0	35,0	36,9a
	Saco yute	27,0	36,0	44,0	42,0	34,5	36,7a
	Media**	27,0c	35,7b	42,2a	43,3a	36,3b	
% Índice de fermentación	Caja madera	0,0	---	38,00	---	65,50	34,50a
	Caja plástica	0,0	---	37,50	---	58,00	32,00a
	Saco yute	0,0	---	37,00	---	58,00	31,67a
	Media**	0,0c	---	37,50b	---	60,50a	
% Índice de hinchamiento	Caja madera	106,69	---	122,21	---	127,42	118,77a
	Caja plástica	106,69	---	123,75	---	123,63	118,02a
	Saco yute	106,69	---	118,95	---	122,25	115,96a
	Media**	106,69b	---	121,64a	---	124,43a	

*Letras distintas en fila y ** en columnas que difieren a un nivel de significación del 5%.

Otros investigadores, trabajando con varios tipos de fermentadores, han encontrado menor índice de fermentación con el tipo saco, contrario a los resultados de la enfermedad en montones o en gavetas (Rohan, 1964) lo que fue atribuido a que el saco no reúne las condiciones adecuadas para la aireación y el drenaje (Vargas *et al.*, 1989).

La semejanza estadística entre los resultados de las características físicas de este estudio podría estar relacionada con el volumen de masa utilizada, ya que se ha observado que cuando éste es pequeño el tipo de fermentador tiene poca influencia sobre la cantidad final de granos fermentados (Vargas, 1989), además el aumento de la temperatura depende del volumen de la masa en fermentación (Braudeau, 1970); en tal sentido Portillo (2000) obtuvo diferencias en la temperatura e índice de fermentación del cacao, al fermentar un volumen mayor de masa en dos diseños del fermentador caja de madera.

Durante la fermentación, en cajas de madera y plástico se observó un aumento de la humedad en la pulpa + testa en el día 2 y un descenso en

el día 4 (Cuadro 2); en tanto que al fermentar en sacos de yute la humedad en esta fracción disminuyó progresivamente a medida que transcurrió el proceso. Sin embargo, el análisis de varianza reveló que a pesar de la interacción día x fermentador existente, los efectos principales fueron más relevantes y por lo tanto los considerados en la interpretación estadística de los resultados.

En el cotiledón (Cuadro 3) la variación de este componente fue igual en los tres fermentadores, observándose un aumento con el tiempo. El ascenso de la humedad en la pulpa es causado por la emisión de jugos durante su descomposición, así como por la oxidación del ácido acético (Dougan, 1981; Senanayake *et al.*, 1997) y en el cotiledón por la difusión de los productos de la fermentación de la pulpa (Rohan, 1964).

La prueba de medias indicó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los valores de la humedad durante la fermentación del cacao, así como entre los fermentadores y el menor valor de las dos fracciones obtenido al usar como fermentador el saco, lo que puede atribuirse a la absorción de humedad por las fibras de yute.

La variación en el contenido proteico, durante la fermentación del cacao, fue similar al utilizar los diferentes fermentadores; en la fracción pulpa + testa aumentó (Cuadro 2) y en el cotiledón descendió levemente (Cuadro 3), mostrando en los valores diferencias a un nivel de significación del 5% entre los días. El incremento de las proteínas en la pulpa + testa es producto de la síntesis de aminoácidos y proteínas por los microorganismos (Zak y Keeney, 1976), en cambio en el cotiledón las proteínas son difundidas e hidrolizadas disminuyendo su concentración (Senanayake *et al.*, 1997).

Entre los fermentadores no se observaron diferencias significativas en los porcentajes de proteína de la pulpa + testa, mientras que en el cotiledón los valores se distinguieron entre sí a un nivel de probabilidad del 5%, siendo ligeramente mayor el contenido en el cacao fermentado en la caja de madera que en el saco de yute.

Los taninos en la pulpa + testa aumentaron levemente (Cuadro 2) durante la fermentación en los tres tipos de fermentadores, notándose que el contenido de estos compuestos varió significativamente ($P < 0,05$) en el proceso y que al fermentar con el saco de yute se obtuvo mayor cantidad de taninos en dicha fracción, en tanto que en el cotiledón no se observaron diferencias entre los valores durante el proceso, ni entre los tres

fermentadores (Cuadro 3). Se ha encontrado que durante la fermentación los polifenoles disminuyen por difusión, reacciones de polimerización oxidativa y oscurecimiento (Cros y Jeanjean, 1995), ahora bien, en este estudio la variación de los taninos fue leve.

CUADRO 2. Características químicas de la pulpa + testa del cacao durante la fermentación con tres tipos de fermentadores.

Características	Fermentador	Tiempo de fermentación (días)			Media*
		0	2	4	
% Humedad	Caja madera	74,82	78,99	74,16	75,99a
	Caja plástica	74,82	77,46	75,83	76,04a
	Saco yute	74,82	73,09	70,21	72,71b
	Media**	74,82b	76,51a	73,40c	
% Proteínas	Caja madera	6,10	8,96	12,60	9,22a
	Caja plástica	6,10	8,90	13,17	9,39a
	Saco yute	6,10	8,92	13,87	9,63a
	Media**	6,10c	8,93b	13,21a	
% Taninos	Caja madera	0,83	0,65	1,18	0,89b
	Caja plástica	0,83	1,06	0,93	0,94b
	Saco yute	0,83	1,23	1,24	1,10a
	Media**	0,83b	0,98a	1,12a	
pH	Caja madera	3,68	5,14	5,20	4,67a
	Caja plástica	3,68	4,44	5,10	4,41a
	Saco yute	3,68	4,18	5,42	4,43a
	Media**	3,68c	4,59b	5,24a	
%Acidez total	Caja madera	2,69	1,49	1,97	2,05b
	Caja plástica	2,69	2,73	2,87	2,76a
	Saco yute	2,69	2,87	2,32	2,63ab
	Media**	2,69a	2,36a	2,39a	
% Azúcares totales	Caja madera	3,98	2,83	0,89	2,57a
	Caja plástica	3,98	1,60	1,21	2,57b
	Saco yute	3,98	2,24	1,04	2,42ab
	Media**	3,98a	2,22b	1,05c	

*Letras distintas en fila y ** en columnas que difieren a un nivel de significación del 5%.

CUADRO 3. Características químicas del cotiledón del cacao durante la fermentación con tres tipos de fermentadores.

Características	Fermentadores	Tiempo de fermentación (días)			Media*
		0	2	4	
% Humedad	Caja madera	37,25	38,80	41,79	39,28a
	Caja plástica	37,25	38,47	40,67	38,80a
	Saco yute	37,25	37,33	39,49	38,02b
	Media**	37,25c	38,20	40,65a	
% Proteínas	Caja madera	14,96	14,96	14,21	14,71a
	Caja plástica	14,96	14,67	13,99	14,54ab
	Saco yute	14,96	14,27	13,81	14,35a
	Media**	14,96a	14,63b	14,00a	
% Taninos	Caja madera	0,78	0,73	0,76	0,76a
	Caja plástica	0,78	0,73	0,78	0,76a
	Saco yute	0,78	0,78	0,75	0,77a
	Media**	0,78a	0,75a	0,76a	
pH	Caja madera	6,05	5,91	5,49	5,82a
	Caja plástica	6,05	5,38	5,28	5,57a
	Saco yute	6,05	5,59	5,38	5,67a
	Media**	6,05a	5,63b	5,38c	
% Acidez total	Caja madera	0,64	0,67	1,09	0,80a
	Caja plástica	0,64	0,76	1,13	0,84a
	Saco yute	0,64	0,92	1,09	0,88a
	Media**	0,64b	0,78b	1,10a	
% Azúcares totales	Caja madera	1,33	0,55	0,38	0,75a
	Caja plástica	1,33	0,66	0,40	0,80a
	Saco yute	1,33	0,61	0,35	0,76a
	Media**	1,33a	0,61b	0,38c	

*Letras distintas en fila y ** en columnas que difieren a un nivel de significación del 5%.

En el proceso con los tres fermentadores, el pH se incrementó en la pulpa + testa (Cuadro 2) y en el cotiledón disminuyó (Cuadro 3), mientras los valores de ambas fracciones variaron a un nivel de significación del 5% entre los días del proceso, en cambio no se diferenciaron entre los fermentadores. Los valores finales de pH fueron próximos a 5, valor que ha sido señalado como indicativo de un grano fermentado de buena calidad (Samah *et al.*, 1993b).

En cuanto a la acidez total, en la pulpa + testa mostró tendencias aparentemente distintas, con un leve descenso en la caja de madera y saco de yute y un ligero incremento en la caja plástica (Cuadro 2), aumento posiblemente ocasionado por la presencia de orificios en las paredes laterales de este fermentador, lo que permite una mayor aireación y consecuentemente mayor desarrollo de bacterias.

El análisis de varianza reveló que no hubo interacción día x fermentador y la prueba de medias de Duncan indicó que no existen diferencias significativas durante el proceso, mientras que entre los fermentadores los valores se distinguieron significativamente ($P < 0,05$) entre sí, presentando mayor acidez total el cacao fermentado en la caja plástica que el de la caja de madera. En el cotiledón se observó un aumento de la acidez total durante la fermentación en los tres tipos de fermentadores (Cuadro 3), presentando un efecto más pronunciado entre el 2^{do} y 4^{to} día, momento en el cual ocurre la mayor proliferación de las bacterias acéticas (Hernández, 1989) y el análisis estadístico reveló diferencias a un nivel de probabilidad del 5% en el tiempo y no significativas entre los fermentadores.

La variación del pH y de la acidez durante la fermentación del cacao se debe a la degradación microbiana de los ácidos (Meyer *et al.*, 1989) y a la pérdida por difusión de estos compuestos hacia el cotiledón (López, 1983; Schawn *et al.*, 1990). Hernández (1989) también encontró variaciones en el pH y acidez del cacao procesado en dos tipos de fermentadores: sistema Rohan y caja de madera. Igualmente, Portillo (2000) observó diferencias en dichas características al usar dos diseños del fermentador caja de madera.

Durante la fermentación, los azúcares totales de la pulpa + testa (Cuadro 2) y del cotiledón (Cuadro 3) disminuyeron en los tres fermentadores, con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre sí. El descenso de estos compuestos en la pulpa + testa es ocasionado por la

conversión de los azúcares en alcohol por acción de las levaduras y por su eliminación a través del exudado (Schwan *et al.*, 1990; Samah *et al.*, 1992), en cambio en el cotiledón la sacarosa es hidrolizada a fructosa y glucosa por acción de la invertasa (Samah *et al.*, 1992, Cros y Jeanjean, 1995). Entre los fermentadores, los valores de los azúcares totales de la pulpa + testa fueron significativamente ($P < 0,05$) mayores en la caja de madera que en la caja plástica, mientras que en el cotiledón no difirieron entre sí.

En conclusión, las características físicas no variaron significativamente, en cambio las químicas difirieron a un nivel de probabilidad del 5% entre los fermentadores, los cuales influyeron sobre la humedad, los taninos, la acidez total y los azúcares totales de la pulpa + testa y sobre la humedad y las proteínas del cotiledón. Así mismo, los tres tipos de fermentadores resultaron eficientes en el proceso fermentativo, ya que se alcanzaron temperaturas e índices de fermentación apropiados, sin embargo por las características químicas obtenidas en el cacao y por razones de uso práctico en cuanto al manejo, la caja de madera pudiese ser considerada como el tipo de fermentador más adecuado.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a FUNDACITE Aragua y CONICIT el financiamiento de este estudio y a la técnico Boni Escorche y a los señores Rafael Osorio y Venancio Martínez la colaboración prestada.

SUMMARY

To evaluate the fermentation devices used by cocoa producers in Cumboto, cocoa pods of the foreign type were collected, threshed and fermented in sacks of yute, and in plastic and saqui saqui wood boxes. The fermentative process lasted for four days and the mass was turned at 24 and 72 hours past the initiation of the process. The temperature was measured daily and swelling index and cut test were measured at 0, 2 and 4 days after the process began, at the same time, moisture, proteins, pH, total acidity, tannins and total sugars in pulp + testa and cotyledon of fermentation grains were also determined. The results revealed that physical properties didn't vary significantly; on the other hand, chemical characteristics differed, to a level of probability of 5%, between

fermentation devices, which had an effect in moisture, tannins, total acidity and total sugars of pulp + testa, and in moisture and proteins of cotyledon. The three types of fermentation devices efficiently favored the fermentative process, since the appropriate temperatures and fermentation indexes were reached, however because of the chemical characteristics obtained in the cocoa and for reasons of practical use, as for handling, the wooden box could be considered as the most adequate device.

Keys Words: Cocoa; fermentation; devices types.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION OF THE ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. 1997. Official methods of analysis. 16th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA. Cap. 31. pp1-17.

BAREL, H. 1987. Délai d'écabossage. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. *Café Cacao Thé*. 31(2):141-150.

BEKELE, F. L., A. KENNEDY, C. MCDAVID, F. LAUCKNER and I. BEKELE. 1994. Numerical taxonomic studies on cacao (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. *Euphytica* 75(39):231-240.

BRAUDEAU, J. 1970. El cacao. Primera edición. Editorial Blume. Barcelona, España. 292 p.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. COVENIN. 1978. Norma venezolana N° 442. Prueba de corte. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 4 p.

CROS, E. and N. JEANJEAN. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, recherche, développement*. 24:25-27.

DOUGAN, J. 1981. Methods for monitoring degree of aeration and the production and dissimilation of alcohol, acetic and lactic acids during cocoa fermentation. 8th International Cocoa Research Conference. Cartagena. Colombia. p. 814-816.

GALVIZ, I. 1994. Estudios de los aspectos sociales, económicos, técnicos y agropecuarios de los pequeños productores de Cuyagua, Edo. Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 67 p.

GONZÁLEZ, F., L. ORTIZ de BERTORELLI, L. GRAZIANI de FARIÑAS y E. MONTEVERDE-PENSO. 1999. Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) Rev. Fac. Agron. (UCV) 25(2):159-171.

GRAZIANI de FARIÑAS, L., L. ORTIZ de BERTORELLI y P. PARRA. 2002. Informe final del proyecto cacao. FUNDACITE Aragua. 150 p.

GRAZIANI DE FARIÑAS, L., L. ORTIZ de BERTORELLI y P. PARRA. 2003. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. Agron. Tropical. 53(2):133-144

HERNÁNDEZ, A. 1989. Evaluación del proceso de fermentación del cacao en Costa Rica. Memorias. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica. 129-140 p.

LÓPEZ, A. 1983. Factors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. Revista Theobroma 13(3):233-248.

MEYER, B., B. BIEHL, M. BIN SAID and R. SAMARAKODDY. 1989. Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. J. Sci. Food Agric. 48:285-304.

MONAGAS, M. 1995. Estudio socioeconómico y agronómico de los productores y las parcelas agrícolas de la población de Cumboto, Municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 64 p.

PORTILLO, E. 2000. Influencia de la fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 147 p.

PUZIAH, H., S. JINAP, K. SHARIFAH and A. ASBI. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *J. Sci. Food Agric.* 78:543-550.

ROHAN, T. 1964, El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.

SAMAH, O. A., M. FARED PUTIH and J. SELAMAT. 1992. Biochemical changes during fermentation of cocoa beans inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* (Wild strain). *J. Food Sci. Technol.* 29(6):341-343.

SAMAH, O. A., N. IBRAHIM, H. ALIMON and M. ABDUL KARIM. 1993a. Fermentation studies of stored cocoa beans. *World J. Microbiol. Biotechn.* 9:603-604.

SAMAH, O. A., N. IBRAHIM, H. ALIMON and M. ABDUL KARIM. 1993b. Comparative studies on fermentation products of cocoa beans. *World J. Microbiol. Biotech.* 9:381-382.

SCHWAN, R., A. LÓPEZ, D. SILVA and M. VANETTI. 1990. Influencia de frecuencia e intervalos de revolventos sobre a fermentação e qualidade do chocolate. *Agrotropica* 2(1):22-31.

SENANAYAKE, M., E. JANSZ and K. BUCKLE. 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. *J. Sci. Food Agric.* 6:461-465.

SENANAYAKE, M., E. JANSZ and K. BUCKLE. 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. *J. Sci. Agric.* 74:42-48.

SINGLETON, V. and J. ROSSI. 1965. Determination of tannins in wines. *J. Enology and Viticulture.* 6(3):114.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. SAS. 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA. 1 028 p.

TOMLINS, K., D. BAKER, P. DAPLIN and D. ADOMAKO. 1993. Effect of fermentation and drying practices in the chemical and physical profiles of Ghana cocoa. *Food Chem.* 46:257-263.

VARGAS, V. 1989. Comparación de pequeñas cantidades (25, 37,5 y 50 Kg) de cacao *Theobroma cacao* L. en tres diferentes altitudes de Costa Rica. Memoria. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica. 113-127 p.

VARGAS, V., J. SOTO y G. ENRÍQUEZ. 1989. Métodos de fermentación de cacao para pequeños productores en seis localidades de Costa Rica. Pruebas de calidad. Memoria. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica. 147-161 p.

ZAK, D. and P. KEENEY. 1976. Changes in cocoa proteins during ripening of fruit, fermentation and further processing of cocoa beans. J. Agric. Food Chem. 24(3):483-486.

NOTA

VENEZUELA 21, NUEVA VARIEDAD DE ARROZ DE RIEGO

Marco Acevedo*, **Rosa Álvarez****, **Orlando Torres*****,
Willian Castrillo*, **Orlando Moreno****, **Gelis Torrealba***,
Edicta Reyes**, **María Navas*****, **Nelly Delgado****,
Margelys Salazar*** y **Edgar Torres******

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento agronómico de la variedad VENEZUELA 21 durante tres ciclos consecutivos en los ensayos ERU's del Servicio Nacional de Semilla (SENASA) y en siembras comerciales, en las principales zonas de producción de arroz de Venezuela; dicho material se caracteriza por presentar excelente potencial de rendimiento en grano paddy (superior 7,5 t ha⁻¹) resistente a plagas (piricularia) y excelente calidad de grano (grano entero superior al 60% y amilosa superior al 30%). En virtud de lo anterior se solicitó la elegibilidad de la variedad VENEZUELA 21 para la producción y comercialización de semilla certificada en el país.

Palabras Clave: arroz; *Oryza sativa* L.; cultivar.

INTRODUCCIÓN

El arroz, *Oryza sativa* L., después del trigo, es el cereal más cultivado en el mundo, siendo base de la alimentación de más de la mitad de los habitantes del planeta. (Guimaraes y Ospina, 1997).

-
- * Investigadores. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico, Calabozo. Apdo. 14.
 - ** Investigadores. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa, Araure. Apdo. 102.
 - *** Investigadores. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Barinas, Barinas. Apdo. 170.
 - **** Investigador. Fondo Latinoamericano y del Caribe de arroz con riego. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira. Cali, Colombia.

RECIBIDO: febrero 27, 2004

En Venezuela el arroz, junto con el maíz, *Zea mays* L., corresponden a los principales cereales cultivados. La producción de arroz en Venezuela se localiza en dos regiones: Llanos centrales (estado Guárico) y Llanos occidentales (estados Cojedes, Portuguesa y Barinas). La siembra se realiza en dos ciclos por año, una en el período norte-verano (noviembre - abril) y otra en el período de lluvia (mayo - octubre), predominando los sistemas de producción bajo riego por inundación.

Durante el año 2001, en Venezuela, la producción de arroz paddy fue de 625 000 t, correspondiendo aproximadamente el 60% a la región occidental y 40% a la región central; el rendimiento promedio nacional se ubica para ese año en 4,865 t ha⁻¹ (MAT, 2002).

En el diagnóstico realizado a la cadena agroproductiva del arroz, en el año 1999, con el objeto de detectar demanda de investigación, donde participaron instituciones de investigación (públicas y privadas), agricultores y agroindustria del rubro, se pudo identificar que una de las principales limitantes era la falta de nuevos cultivares de arroz. (Martínez, 1999).

El Proyecto Nacional de Mejoramiento Genético de Arroz (PNMGA) donde intervienen el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Fundación Nacional del Arroz (FUNDARROZ), FONACIT y el Fondo Latinoamericano y del Caribe de Arroz con Riego (FLAR), tiene como objetivo desarrollar materiales genéticos de alta productividad, resistente y/o tolerante a plagas (piricularia, virus de hoja blanca y sogata), principalmente; además de buen comportamiento agronómico, calidad molinera y culinaria, con el propósito de contribuir al mejoramiento de la eficiencia de la cadena agroproductiva del arroz en Venezuela.

En el presente trabajo se presentan los resultados que permitieron la selección y nominación de la variedad VENEZUELA 21, durante el año 2003, haciéndola elegible para la producción comercial de semilla certificada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La variedad VENEZUELA 21 es el primer cultivar liberado bajo el nuevo esquema implantado en el año 2002 por el PNMGA, el mismo consiste en evaluar las líneas élites inscritas en Ensayos Regionales Uniforme

(ERU) coordinado por el Servicio Nacional de Semilla (SENASA) y simultáneamente en escala comercial por asociaciones de productores y empresas semilleras, durante tres ciclos consecutivos, con el fin de observar la adaptabilidad y comportamiento del cultivar.

VENEZUELA 21 es producto del cruce de tres líneas: CT8008-16-31-3P-M// CT9682-2-M-14-1-M-1 / CT10310-15-3-2P-4-3, realizado por el FLAR en 1996 y cuyo pedigrí es FL00147-8P-6-15P-M. Las primeras cuatro generaciones de evaluación y selección fueron realizadas en el FLAR Colombia, utilizando el método genealógico o pedigrí, este método ha sido el más común y exitosamente usado en mejoramiento genético de arroz, por permitir una mayor familiaridad con los materiales y con los efectos relativos a la interacción genotipo ambiente en la expresión del carácter (Jennings *et al.*, 1981).

En el año 1999 el material fue introducido al PNMGA en generación F₅, en el Vivero de Observación del FLAR (VIOFLAR); a partir de 1999 y durante dos ciclos consecutivos fue evaluado por el PNMGA, en seis localidades de los llanos centrales (estado Guárico) y llanos occidentales (estados Cojedes, Portuguesa y Barinas).

El método de mejoramiento usado fue el masal modificado, el cual consiste en seleccionar panículas de las mejores plantas para purificarlas y estabilizarlas. Este método ha sido practicado exitosamente en IRRI Filipina, Japón y otros países, donde la hibridación de líneas relacionadas estrechamente produce generaciones segregantes uniforme (Jennings *et al.*, 1981). Simultáneamente se evaluó en el CIAT- FLAR Colombia, en condiciones controladas para piricularia, sogata, hoja blanca y calidad de grano.

Como resultado de estas evaluaciones se seleccionó el material codificado experimentalmente PN99A003, el cual fue inscrito como VENEZUELA 21 en los ensayos ERU's, para su validación durante tres ciclos consecutivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las principales características de la variedad VENEZUELA 21, destacando el tipo de planta semiabierto, con buena capacidad de macollamiento, panícula bien emergida, con alta fertilidad

de las espiguillas. El grano es de tipo largo, generalmente sin arista, cuando están presentes son cortas menores de 5 mm, el peso de 1 000 granos se ubica en 27 g y el ciclo del cultivo oscila entre 110-115 d. El material presenta tallos moderadamente resistente al acame (volcamiento), el uso de lamina alta de agua de riego, y una dosis alta de fertilizante nitrogenado, podrían predisponer a la planta al acame, es por ello que se recomienda la aplicación del referencial tecnológico desarrollado para dicho cultivar.

CUADRO 1. Descripción varietal de la variedad VENEZUELA 21.

Características de la planta	
Hábito de crecimiento	Intermedio
Altura de planta	88 cm
Floración 50%	76 días
Acame	Moderada resistencia
Ciclo a cosecha	110-115 días
Características de panícula y grano	
Tipo de panícula	Semicompacta
Número de grano/panícula	224 granos
Longitud de panícula	28 cm
Tipo de grano	Largo
Peso de mil granos	27 g
Arsita	Generalmente ausentes

La apariencia del grano de arroz pulido y cocinado es importante para el consumidor y por consiguiente para el productor y la agroindustria. La variedad VENEZUELA 21 ha demostrado tener un excelente potencial de rendimiento tanto en el ciclo norte verano, como en el ciclo de lluvia en las principales zonas de producción del país. En los Cuadros 2 y 3 se presentan resultados de rendimientos nacionales obtenidos en ensayos ERU's y siembras comerciales de los estados Portuguesa y Guárico, respectivamente.

CUADRO 2. Resultados del análisis combinado de cinco localidades para la variable rendimiento en paddy kg ha⁻¹, durante tres ciclos consecutivos.

Cultivares	Rendimiento kg ha ⁻¹ ciclo NV 2000-2001	Rendimiento kg ha ⁻¹ ciclo I 2001	Rendimiento kg ha ⁻¹ ciclo NV 2001-2002
Venezuela 21	5 478 a	4 472 ab	4 373 def
PNFD99B006	5 200 ab	4 220 bc	5 173 a
Coprosem-1	4 574 bcd	4 348 abc	4 452 cdef
Ianca-Mary	4 410 cd	3 610 e	4 452 cdef
Ianca-1	4 376 d	4 128 bc	3 914 g
PN99A014	-	4 105 bcd	4 677 abcde
PN99A017	-	4 361 abc	4 266 f
Fedearroz 2000	-	4 057 bcd	5 022 ab
Colombia XXI	-	4 151 bc	4 876 abcd
Línea 87	4 928 abcd	-	4 914 abc
Fedearroz 50	5 542 a	-	-
FD01B1			3 254 g
FD01B2			4 451 bcde
Cimarrón (testigo)	5 106 abc	3 683 de	4 520 bcde
FONAIAP (Testigo)	4 582 bcd	4 755 a	4 299 ef
Palmar (testigo)	4 551 bcd	3 921 cde	4 301 ef
Promedio testigos	4 746 +/- 305	4 120 +/- 676	4 350 +/- 153
CV	18,95%	12,82%	12,97%

Fuente: Informe oficiales de ensayos regionales uniforme de arroz año 2000 y 2001.

El Cuadro 2 demuestra que la variedad VENEZUELA 21 superó el promedio de los testigos en los ciclo evaluados. Cuando comparamos el rendimiento de VENEZUELA 21 con el mejor testigo, se observa que ésta lo supera en los ciclos norte verano 2000-2001, no así durante los ciclos invierno 2001 y norte verano 2001-2002, donde resultó inferior en 283 y 147 kg ha⁻¹, respectivamente. En pruebas comerciales en los estados Portuguesa y Guárico, el rendimiento alcanzado fue de 8,6 t ha⁻¹, en el ciclo norte verano y 7,3 t ha⁻¹ en el ciclo de lluvia, estos resultados demuestran el excelente potencial de rendimiento de la variedad.

CUADRO 3. Rendimiento kg ha⁻¹ para VENEZUELA 21, siembras comerciales.

Empresa	Rendimiento kg ha ⁻¹ (Neto limpio)	
	Ciclo NV 2002-2003	Invierno 2003
Ianca	7 000	
Santa Rita	3 560	4 660/5 880/6 060
La Cascabel	6 000	
Agropecuaria Guayabal	7 215	
ACPASA (Guárico)		6 100

Fuente: empresas semilleras.

Otro de los factores que afectan marcadamente el rendimiento del cultivo arroz son ocasionados por los agentes bióticos, la variedad VENEZUELA 21 es resistente a piricularia (*Magnaporthe grisea*) en hoja y cuello como se observa en el Cuadro 4; además es tolerante a *hermintosporium* (*Cochliobolus miyabeanus*), manchado del grano (complejo de hongos), resistencia intermedia al virus de la hoja blanca y escaldado (*Monographella albescens*), pero susceptible a sogata (*Tagosodes oricicolus*) y rhizoctonia (*Rhizoctonia* spp.).

CUADRO 4. Reacción a plagas de la variedad VENEZUELA 21.

Varietal	Piricularia	Virus hoja blanca	Sogata
Venezuela 21	R	MR	S
Fedearroz 50	R	MS	R
FONAIAP 1	MR	S	S
Cimarrón	S	S	R
Palmar	S	S	S

R= Resistente; MR= moderada resistencia; S= susceptible; MS= moderada susceptibilidad.
Fuente: resultados de evaluaciones controladas en CIAT-FLAR Colombia

El manejo agronómico del cultivar incide marcadamente en el comportamiento es por ello recomendable el desarrollo del referencial tecnológico antes de la liberación de la variedad. VENEZUELA 21 responde favorablemente y se obtienen rendimientos de granos significativos cuando la densidad de siembra oscila entre 140 y 160 kg ha⁻¹ y la fertilización nitrogenada está entre 150 y 180 kg ha⁻¹, aplicada en forma fraccionada antes de los 50 días de la siembra. Es importante señalar que condiciones de manejo que excedan los rangos antes mencionados, especialmente en el ciclo de lluvia, puede ocasionar acame (volcamiento) de las plantas.

La variedad VENEZUELA 21 presenta excelente calidad de grano, el contenido de yeso (GY), panza blanca (GPB) y la suma de ambos (Y+PB), son los más bajos, cuando se comparan con otros materiales evaluados; además, presenta alto niveles de rendimiento de grano entero (GE) y blanco total (BT), como se muestra en la Figura.

En el Cuadro 5, se presentan los valores obtenidos para las variables grano entero (GE), yeso más panza blanca (Y + PB), en siembras comerciales de VENEZUELA 21, en el estado Portuguesa, durante el año 2003.

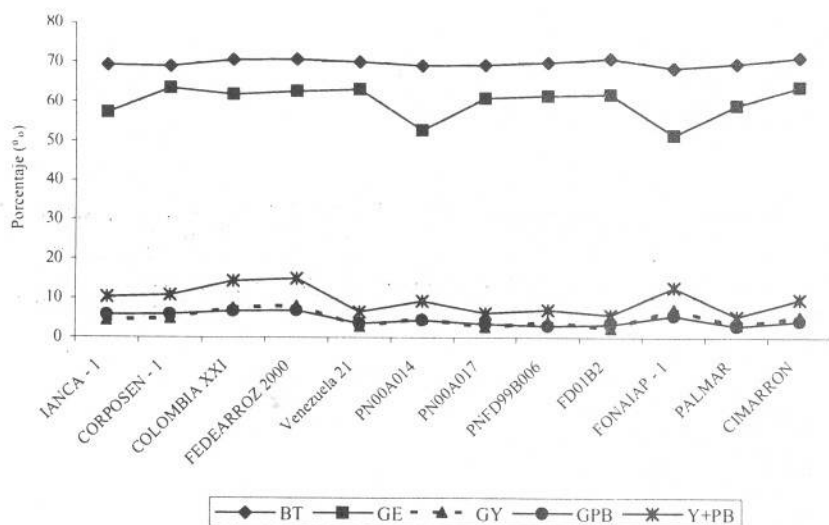


FIGURA. Evaluación de calidad molinera de grano para VENEZUELA 21.

CUADRO 5. Calidad molinera de grano de VENEZUELA 21 en siembras comerciales.

Empresa	Ciclo Norte-Verano 2002-203		Ciclo Invierno 2003	
	GE	(Y + PB)	GE	(Y + PB)
Ianca	58,11	10,16	-	-
Santa Rita	62,50	8,00	62,00	7,40
Agrop. Guayabal	55,00		63,80	4,00

GE, (Y+ PB) significa: grano entero y yeso más panza blanca, respectivamente.
Fuente: empresas semilleras.

Los resultados obtenidos ratifican la excelente calidad molinera de VENEZUELA 21, el porcentaje de grano entero excede en ambos ciclos de siembra al exigido por la agroindustria (50%), la suma de yeso más panza blanca es inferior a 11, superando los estándares fijado por la agroindustria.

Los análisis de calidad culinaria para las variedades Cimarrón, Palmar, FONAIAP 1 y VENEZUELA 21 se muestran en el Cuadro 6, los mismos fueron realizados en los laboratorios del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, con sede en Colombia.

CUADRO 6. Calidad culinaria de VENEZUELA 21.

Cultivar	Adherencia	Dureza	Disgregabilidad	Olor	Sabor	Amilosa
Venezuela 21	Moderado	Blando	Fácil	*	*	31,8
FONAIAP 1	Moderado	Adecuado	Regular	*	*	31,0
Cimarrón	Moderado	Adecuado	Regular	*	*	31,0
Palmar	Pegado	Blando	Regular	*	*	26,0

*= Aceptable

Fuente: CIAT Colombia

De los componentes que tienen que ver con la calidad culinaria, el contenido de amilosa es el más importante, debido a que determina la textura del grano después de cocido, valores por encima de 28% lo clasifican como alto y permiten que los arroces queden sueltos y secos después de cocinarse. Arroces con estas características son los de más consumo a nivel mundial. Los valores observados reflejan la alta calidad culinaria que presenta la variedad VENEZUELA 21.

CONCLUSIONES

- La variedad VENEZUELA 21 superó en 12%, 18% y 1% al promedio de los testigos, para la variable rendimiento kg ha^{-1} en grano paddy, durante los tres ciclos de validación en ensayos ERU's.
- Las evaluaciones agronómicas indican que la variedad VENEZUELA 21, debe ser manejada con riego intermitente (mojes), densidad de siembra entre 140 y 160 kg ha^{-1} y fertilización nitrogenada en el rango de 150-180 kg ha^{-1} .
- Los resultados de adaptabilidad observado en los ERU's y siembras comerciales, medida en las características, rendimiento (kg ha^{-1}) en paddy, reacción a plagas y calidad de grano, permitió solicitar la elegibilidad de la variedad VENEZUELA 21 para la producción y comercialización de semilla certificada en el país.

SUMMARY

The agronomic behavior of the cultivar "VENEZUELA 21", was evaluated during three consecutive cycles in the Test URT's and commercial sowing in the principal rice production zones of Venezuela. It is characterized by presenting excellent potencial yield in paddy grain (superior 7,5 t ha^{-1}) in both cycles, wint tolerance to pest (piricularia) and excellent grain quality (entire grain superior to 60% and amylose superior to 30%). For all this reasons the elegibility of the variety "VENEZUELA 21" was request, for the production and comerciazation of certified seed in the country.

Keys Words: Rice; *Oryza sativa* L.; cultivar.

BIBLIOGRAFÍA

GUIMARAES E. y Y. OSPINA. 1997. Mejoramiento genético de arroz, mimeografiado curso de arroz en Calabozo, estado Guárico, realizado del 08 al 12 septiembre 1997. 68 p.

JENNINGS P. W. COFFMAN y H. KAUFFMAN. 1981. Mejoramiento de arroz. Cali Colombia. CIAT 233 p.

MARTÍNEZ, P. 1.999. Situación del cultivo del arroz en Venezuela. Fundarroz, Fundación Polar. Caracas. Venezuela 127 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y TIERRA (MAT). 2002. División de Estadística Calabozo estado Guárico. Venezuela.

SENASEM. 2000. Informe oficial de ensayos regionales uniforme de arroz. Maracay, estado Aragua. Venezuela. 23 p.

SENASEM. 2000. Informe oficial de ensayos regionales uniforme de arroz. Maracay, estado Aragua. Venezuela. 28 p.

AGRONOMIA 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 en un disquette transcrito en MS Word 6,0 o superiores.

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.

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

Autor(es). Primer nombre completo, inicial del 2^{do} y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos para identificar al pie de página el cargo, la institución y dirección postal donde trabajan. 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 debe incluir 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 deben 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.

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 Harvard Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

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

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

- Artículos de revistas: autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.

- Libros y folletos: autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.
- Artículos en una publicación colectiva: autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.
- Tesis: autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

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

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

Estilo.

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

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

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

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

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.

Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

Para más detalles de estilo y presentación obsérvese los últimos números de la revista.

Los símbolos a usar son:

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

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

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

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

Composición: Carmen Elena Solórzano
Montaje: Nury Castillo
Fotolito: Mario Pino
Impresión: Juan Salas

Corporación Carmen Elena Solórzano
Montaje: Nury Castillo
Fotografía: Esteban Pineda
Impresión: Juan Pérez

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Septiembre 2004

