



INIA
Instituto Nacional
de Investigaciones
Agrícolas

Vol. 57, N° 2, 2007

Agronomía Tropical

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

AGRONOMÍA TROPICAL

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

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

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

INDIZACIÓN

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

SUSCRIPCIÓN

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

DIRECCIÓN

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

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

Agronomía Trop. / Vol. 57 / N° 2 / Abril - Junio 2007 / ISSN 0002-192X

AGRONOMÍA TROPICAL

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

www.agrotrop@inia.gob.ve



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS AGRONOMÍA TROPICAL

Dr. Prudencio Chacón
PRESIDENTE

Dra. Nelly Delgado
GERENTE GENERAL

Dra. Margaret Gutiérrez
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. Ignacio Entrena
GERENTE DE NEGOCIACIÓN

FUNDADORES

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

COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández
EDITOR JEFE

Mónica González
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo
SECRETARIA

Carmen Sólorzano
SECRETARIA

EDITORES ASOCIADOS

Dra. Rosemary Warnock, UCV
Producción Vegetal

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

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo
Frutales

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

Dra. Beatriz Lozada, INIA- Táchira
Agrometeorología

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

COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández
María González

Félix San Vicente
Klaus Jaffé

CONSEJO DE REDACCIÓN

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

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

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

AGRONOMÍA TROPICAL

Vol. 57-2007

Abril-Junio

N° 2

ISSN 0002-192X

Depósito Legal pp 195102AR73

ÍNDICE

Artículos:	Pág.
BERLINGERI, CH. A., O. CARRERO G., C. BENÍTEZ y A. MEDINA. Inventario y rentabilidad de las especies vegetales de un bosque ribereño explotadas para uso ornamental, en el municipio Escuque, estado Trujillo, Venezuela..... Inventory and yield of the vegetal species of an operated forest ribereño for ornamental use, in the municipality Escuque, Trujillo State, Venezuela.	77
AVILÁN, L., E. SOTO, M. PÉREZ, M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. Fenología de cultivares e híbridos de aguacate de la raza mexicana en la región centro-norte costera de Venezuela..... Phenological of varieties and hybrids of Avocado mexican race in the central-north coas region of Venezuela.	89
LOZADA GARCÍA, B. I. y C. BARBOZA. Tendencia de la precipitación pluvial en Bramón, estado Táchira, Venezuela..... Trend of rainfall in Bramon, Tachira State, Venezuela.	99
MONTILLA, R., J. L. GARCÍA, L. LACRUZ y D. DURÁN. <i>Spalangia drosophilae</i> Ashmead (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitoide de pupas de la mosca de la piña <i>Melanoloma viatrix</i> Hendel (Díptera: Richardiidae) en Trujillo, Venezuela..... <i>Spalangia drosophilae</i> Ashmead (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitic of pupas of the fly of fragmentation <i>Melanoloma viatrix</i> Hendel (Díptera: Richardiidae) in Trujillo, Venezuela.	107
AVILÁN, L., L. H. ESCALANTE, C. MARÍN R., E. SOTO, M. PÉREZ, M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. Contenido estimado de NPK en el follaje removido por la poda en mango sembrado en alta densidad..... Estimated amount of N, P, and K removed from pruning of mango sowed a high density.	113
MORA, E. y M. TORO. Estimulación del crecimiento vegetal por <i>Burkholderia cepacia</i> , una cepa nativa de suelos ácidos de sabanas venezolanas..... Plant growth stimulation by <i>Burkholderia cepacia</i> , a native rizobacterias of acid soils in venezuelan savannas.	123
MATERANO, W., A. VALERA, J. ZAMBRANO, M. MAFFEI y C. TORRES. Efecto de recubrimientos sobre la postcosecha y la evolución del color del zumo de la fruta del naranjo..... Evaluation of the effect of postharvest protectors in orange juice over the time.	129

Instrucciones a los Autores

INVENTARIO Y RENTABILIDAD DE LAS ESPECIES VEGETALES DE UN BOSQUE RIBEREÑO EXPLOTADAS PARA USO ORNAMENTAL, EN EL MUNICIPIO ESCUQUE, ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA¹

INVENTORY AND YIELD OF THE VEGETAL SPECIES OF AN OPERATED FOREST RIBEREÑO FOR ORNAMENTAL USE, IN THE MUNICIPALITY ESCUQUE, STATE TRUJILLO, VENEZUELA

Chiara A. Berlingeri*, Omar Carrero G.***, Carmen Benítez*** y Alexis Medina**

¹ Resultado parcial del sub-proyecto INIA ID-LAR-06-00106.

* Investigadora y ** Técnico Asociado a la Investigación TAI. INIA. Estación Experimental Trujillo. Apdo. 3152. Avenida Principal Pampanito, frente al Ambulatorio Pampanito, estado Trujillo.

E-mail.: cberlingeri@inia.gob.ve, chiaraberlingeri@hotmail.com.

*** Profesor. Universidad de Los Andes (ULA). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Estado Mérida.

**** Profesora. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía (FAGRO). Maracay. Apdo. 2103

RESUMEN

Se analizó el uso de los recursos vegetales de un bosque ribereño, en el sector Boquerón, municipio Escuque, estado Trujillo. Para ello, se registró el conocimiento local acerca del manejo de plantas de la vegetación natural usadas como ornamentales, con la ayuda de pobladores lugareños que hacen uso de estos recursos. Se colectaron e identificaron dieciséis especies pertenecientes a las familias *Araceae*, *Heliconiaceae*, *Cyclanthaceae*, *Arecaceae*, *Davalliaceae*, *Driopteridaceae* y *Costaceae*. Se hizo un análisis financiero para esta actividad, y sus resultados se compararon con los del cultivo del café, característico en la zona. Se calculó el Valor Actual Neto (VAN), el Valor Esperado del Suelo (VES) y la relación Beneficio Costo (B/C). La extracción de partes de plantas del bosque con fines ornamentales es una alternativa económicamente viable, lo cual se observa al comparar el VAN y el VES de este tipo de uso de la tierra con el del cultivo del café. Cuando se considera el trabajo como un costo, la actividad de recolección de órganos de las especies botánicas resulta más rentable; mientras que al no ser considerado el trabajo como un costo, el cultivo del café es más rentable a pesar del mayor esfuerzo que se requiere para lograr la cosecha. Se hizo un análisis de sensibilidad, en el cual el cultivo del café resultó ser más sensible al costo del jornal, lo que revela que esta actividad es más intensiva en trabajo. Se discuten estrategias para la conservación y uso sostenible de las especies y sus hábitat.

Palabras Clave: Valor actual neto; análisis financiero; especies ornamentales; cultivo de café.

SUMMARY

The usage of the natural vegetation of a forest located at the "Sector Boquerón" (Escuque, State Trujillo) was analyzed. With aid of settlers who made use of those resources, the local knowledge about management of wild plants species exploited for ornamental purposes was recorded. Sixteen species belonging to the families *Araceae*, *Heliconiaceae*, *Cyclanthaceae*, *Arecaceae*, *Davalliaceae*, *Driopteridaceae* and *Costaceae* were collected and identified. An economical analysis was done for this activity and the results were compared against those of coffee production, which is a common plantation in this area. The Net Present Value, Expected Soil Value, and the Benefit - Cost ratio were calculated. When the working expenses was considered in harvesting the forest and coffee activities, the first was more profitable. Otherwise, when the working expenses were not considered, coffee culture was more profitable, in spite of the greater effort that is invested on harvesting it. A sensitivity analysis shown that coffee production was more sensitive to variation of the salary in a daily base, which reveals that this activity is more labor intensive. Strategies for the conservation and sustainable use of the species were discussed.

Key Words: Net present value; financial analysis; ornamental species; coffee culture.

RECIBIDO: octubre 26, 2006

APROBADO: febrero 21, 2007

INTRODUCCIÓN

La posición geográfica de Venezuela en plena zona tropical determina su inmensa riqueza florística, la cual es aún mayor en las regiones montañosas del país. Esta diversidad tiene un alto riesgo de perderse, debido principalmente a la deforestación acelerada de la vegetación natural para establecer tierras agrícolas y pecuarias (Llamozas *et al.*, 2003). Lo anterior resulta más dramático si se considera que aún en la actualidad existe un conocimiento florístico relativamente pobre, especialmente en el estado Trujillo, donde sólo se cuenta con algunas publicaciones dispersas o de ámbito local (Vareschi, 1970; Dorr *et al.*, 2000; Quiroz *et al.*, 2002; Benítez, 2004).

El estado Trujillo está dominado por un paisaje montañoso, cuyo cultivo principal en la cuenca media es el café bajo sombra. No obstante, en los últimos años, la crisis en los precios del grano, ha provocado que muchos agricultores sustituyan este rubro por otros menos conservacionistas. El cambio en el uso de la tierra tiene un impacto negativo en las cuencas hidrográficas que surten de agua a todo el estado y parte de otras entidades.

Este trabajo pretende contribuir con el conocimiento y valoración de especies autóctonas con potencial de uso en un bosque del municipio Escuque, estado Trujillo, con el fin de recomendar estrategias de conservación de las especies y sus hábitat, mediante la promoción de sistemas de producción sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área

El área de estudio está ubicada en el sector Boquerón del municipio Escuque, 09° 12' 30" – 09° 23' 20" de Latitud Norte y 70° 33' 00" – 70° 48' 40" de Longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar que oscila entre los 900 y 1 200 m. La vegetación natural es de bosque siempreverde, con temperaturas que oscilan entre 18 y 24 °C (MARN, 2000). Presenta un relieve accidentado y suelos de baja fertilidad natural. La actividad agrícola principal es el cultivo del café bajo sombra.

Inventario Florístico y Etnobotánica de las Especies Ornamentales

El trabajo de campo se llevó a cabo en el mes de julio de 2005. Para recopilar el conocimiento acerca del uso y manejo de las especies se realizaron recorridos y conversaciones abiertas con pobladores lugareños, cuyo medio de sustento es la extracción de hojas e inflorescencias de plantas que crecen en el bosque, las cuales comercializan con floristerías de regiones cercanas. Estas personas recorren una superficie estimada de 30 hectáreas de bosque para encontrar las cantidades de productos solicitados.

Durante los recorridos, se colectaron especímenes para el herbario y se fotografiaron todas las plantas que los informantes mencionaron como útiles para sus propósitos, incluso aquellos especímenes estériles. Se tomó nota de la información relacionada con el uso, manejo y comercialización de las especies, la cual fue obtenida a través de entrevistas y observación directa.

Las muestras de plantas fueron procesadas según los métodos convencionales para obtener especímenes de herbario, los cuales se depositaron en el herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (MY). La identificación se realizó mediante consulta a los herbarios MY y VEN, revisión de literatura pertinente (Schnee, 1973; Hoyos, 1999; Hoyos y Braun, 2001) y consulta a especialistas.

Rentabilidad del Aprovechamiento de las Especies con Fines Ornamentales

a) Las Alternativas Financieras

Se compararon dos alternativas: la recolección de hojas e inflorescencias de plantas que crecen en el bosque ribereño y el cultivo del café, por ser este último practicado tradicionalmente en la zona. El estudio se consideró para un período de 10 años, ya que en teoría, después de este ciclo el rendimiento del café comienza a decaer.

El análisis financiero se hizo con los precios que tenían los insumos y productos para el momento del estudio y suponiendo que los mismos eran cons-

tantes, como es recomendado para este tipo de análisis. Sin embargo, para evaluar como pueden afectar los posibles cambios de estas variables en la rentabilidad de las alternativas se hizo un análisis de sensibilidad. También se supuso que las personas son propietarias del suelo, por lo que este costo no se incluyó en el análisis.

b) Los datos

La obtención de los datos de las especies ornamentales se hizo a través de entrevistas personales a los productores. De esta manera se obtuvo el nombre común de las especies colectadas, la parte de la planta cosechada, las cantidades recolectadas en 30 ha de bosque, la frecuencia de cosecha, el valor de los productos y los costos en los cuales se incurre con dicha actividad. Los costos de producción para el cultivo de café se basaron en los considerados por el Ministerio de Agricultura y Tierras (UEMAT – Trujillo, 2006) para una producción de 920 kg ha año⁻¹ (20 qq ha año⁻¹). A pesar de que los datos iniciales de la actividad de recolección corresponden a 30 ha de bosque, a partir de éstos se estimaron los costos e ingresos por hectárea, a fin de comparar ambas alternativas.

Aunque el trabajo en ambas actividades es fundamentalmente familiar, el mismo se consideró como un costo de oportunidad, debido al tiempo dedicado a cada una de ellas. El jornal se valoró según el sueldo mínimo establecido por decreto en el país (Bs. 15 525). Para la comparación de las alternativas financieras se usó la tasa de interés para créditos agrícolas en Venezuela, la cual tenía un valor de 12,42% anual para el momento del estudio (Centro de Estudios Ganaderos, 2006).

c) Indicadores Financieros Utilizados

El Valor Actual Neto (VAN)

El VAN consiste en descontar los ingresos y los costos al año 0 de la inversión, y restar estos 2 valores. Para que la inversión sea atractiva, este valor debe ser positivo. Al comparar alternativas financieras mutuamente excluyentes, se escoge aquella con el mayor VAN. Para poder usar este indicador, es necesario que los períodos de tiempo de cada alter-

nativa sean iguales (Blank y Tarkin, 1999). Seguidamente se muestra la ecuación para el cálculo de este valor:

$$VAN = \frac{\sum_{n=0}^t (R_n - C_n) * (1 + i)^{-n} - [L * (1 + i)]}{(1 + i)}$$

donde:

L=costo de la tierra

t= edad de la rotación

Rn=Ingresos en el año n

Cn=Costos en el año n

i= tasa de interés

Valor Esperado del Suelo (VES)

Se conoce como VES al valor descontado al presente de las rentas obtenidas en una serie infinita de rotaciones idénticas (Nautiyal y Williams, 1990). El VES es el criterio de evaluación financiera de mayor utilidad, porque permite comparar alternativas con duraciones diferentes sin requerir correcciones de tiempo, dado que considera un horizonte de planificación infinito (Ribeiro *et al.*, 2001; Pereira *et al.*, 2001).

El VES puede ser obtenido con la siguiente ecuación, y la alternativa a escoger será la que tenga el mayor valor:

$$VES = \frac{\sum_{n=0}^t (R_n - C_n) * (1 + i)^{-n}}{((1 + i)^t - 1)}$$

donde:

t= edad de la rotación

Rn=Ingresos en el año n

Cn=Costos en el año n

i= tasa de interés

Relación (B/C)

La razón B/C se trata de una relación entre ingresos descontados y los costos descontados, como se puede ver a continuación:

$$B/C = \left(\frac{\sum_{n=0}^t \frac{B_n}{(1 + i)^n}}{\sum_{n=0}^t \frac{C_n}{(1 + i)^n}} \right)$$

donde:

Bn=ingresos en el año n

Cn=costos en el año n

i= tasa de descuento

t=ciclo de cosecha (años)

Este criterio es independiente de las unidades, lo que lo hace útil, pues no va a depender del monto de la inversión. Así, es posible comparar alternativas con distintos grados de importancia en cuanto a la inversión inicial. Una relación B/C igual a 1 significa que los costos y los ingresos descontados son iguales, lo que hace que el VAN sea cero. Por lo tanto la alternativa se escoge siempre y cuando el B/C sea mayor a 1 (Clutter *et al.*, 1983; Blank y Tarkin, 1999).

Análisis de Sensibilidad

Se hizo un análisis de sensibilidad para conocer el efecto que tiene la variación de algunas variables críticas, como el costo del trabajo, los rendimientos del cultivo del café y el precio del quintal de café sobre los resultados financieros. Ello podrá generar información útil para conocer lo que podría acontecer con la rentabilidad de cada alternativa, ante un cambio de estas variables. Para ello se hizo uso de la hoja de cálculo Excel® y también del Solver®, un complemento de esta hoja.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inventario Florístico y Etnobotánica de las Especies Explotadas con fines Ornamentales

Se encontraron 16 especies del sotobosque con valor comercial como ornamentales, pertenecientes en orden de importancia a las familias *Araceae* (6), *Heliconiaceae* (3), *Cyclanthaceae* (2), *Arecaceae* (2), *Davalliaceae* (1), *Driopteridaceae* (1) y *Costaceae* (1).

Las especies, sus familias, sus nombres comunes, la parte de la planta utilizada y su valor comercial se listan en el Cuadro 1. Algunos pobladores del lugar dependen para su sustento de la extracción de hojas de 11 especies y de las inflorescencias de cinco especies (Cuadro 1). Existe un conocimiento autóctono acerca del manejo de las especies y del bosque (ciclo y áreas de cosechas) resultado de la experiencia de varios años en dicha actividad. Los productos son comercializados en floristerías

de la ciudad de Valera, ubicada aproximadamente a 15 km del lugar de estudio.

Los informantes le asignan nombres comunes a las especies de acuerdo a las características resaltantes del órgano de la planta utilizado (Cuadro 1). Los productos son cosechados según estándares de calidad exigidos por las floristerías, tales como tamaño, sanidad, vistosidad, entre otros y reciben un manejo postcosecha que comprende la limpieza, clasificación y empaquetado para su posterior comercialización. Los pedidos varían de acuerdo a la época del año, siendo por ejemplo, mayores en fechas especiales (día de los enamorados, de las madres, de las secretarías, etc).

En el Cuadro 1 se observa que la venta de hojas representa la mayor proporción del ingreso; las inflorescencias, aunque tienen demanda, son vendidas en poca cantidad debido a que son difíciles de encontrar en el bosque natural, dada la baja producción y estacionalidad. Debido a lo anterior, los productores cultivan, en sus huertos caseros, varias especies de *Heliconia* y *Costus* propias del bosque. También se cultiva en pequeñas cantidades varias especies ornamentales introducidas con fines comerciales, tales como Bastón del Emperador (*Etilingera elatior*), Caña Muda (*Dieffenbachia leopoldii*), Flor de Paraíso (*Alpinia* sp.), Gengibre (*Zingiber* sp.), Ave del Paraíso (*Strelitzia reginae*), Uña de Danta (*Philodendron* sp.), Caña de la India (*Costus* sp.), Café de Jardín (*Aglaonema* sp.) y varias especies de heliconias.

El inventario de las especies usufructuadas como ornamentales realizado en este trabajo, es útil para iniciar un monitoreo permanente de las poblaciones de plantas afectadas por el uso. En dicho seguimiento se debe tener en cuenta que la extracción de productos del bosque puede ser más grave en el caso de las especies donde se utilizan las flores e inflorescencias, ya que se podría estar afectando la reproducción y estructura genética de la población. En el caso de las plantas donde se usan las hojas, los parámetros de calidad exigidos por quienes las adquieren, determinan que se realice una cosecha selectiva y parcial de las mismas. La extracción de hojas probablemente esté dentro de los límites de "elasticidad" de la población ante factores perturbadores. No obstante; estas especies también deberían ser sometidas a monitoreo.

CUADRO 1. Especies explotadas por su valor comercial en 30 hectáreas de un bosque ribereño del estado Trujillo, Venezuela.

Especie	Familia	Nombre común	Parte Cosechada	Cantidad Anual (docenas)	Precio de Venta (Bs/docena)	Ingreso Anual
<i>Dieffenbachia maculata</i> (Lodd) G. Don	Araceae	Lengua de vaca	Hoja	2 600	1 000	2 600 000
<i>Monstera adansonii</i> Schott	Araceae	Perforada	Hojas grandes	208	1 000	208 000
<i>Philodendron</i> sp. Berlingeri y Medina 85 (MY)	Araceae	Corazón puro	Hoja	364	1 000	364 000
<i>Philodendron</i> sp. Berlingeri y Medina 87 (MY)	Araceae	Corazón rayado	Hoja	2 600	1 000	2 600 000
<i>Philodendron</i> sp. Berlingeri y Medina 88 (MY)	Araceae	Tres puntas	Hoja	104	1 000	104 000
Berlingeri y Medina 80 (MY)	Araceae	Cala de montaña	Inflorescencia	2,5	1 000	2 500
<i>Carludovica</i> sp. Berlingeri y Medina 79 (MY)	Cyclanthaceae	Palma v	Hoja	30	1 000	30 000
<i>Carludovica</i> sp. Berlingeri y Medina 99 (MY)	Cyclanthaceae	Palmita	Hoja	2 600	1 000	2 600 000
<i>Nephtrolepis rivularis</i> (Vahl) Mett ex Krug	Davalliaceae	Helecho cortina	Hoja	1 560	1 000	1 560 000
Berlingeri y Medina 103 (MY)	Driopteridaceae	Helecho cuero	Hoja	208	1 000	208 000
<i>Heliconia acuminata</i> L. C. Rich.	Heliconiaceae	Gallito	Inflorescencia	104	2 000	208 000
<i>Heliconia</i> sp. Berlingeri y Medina 108 (MY)	Heliconiaceae	Ñaca roja	Inflorescencia	9	5 000	45 000
<i>Heliconia</i> sp.	Heliconiaceae	Ñaca amarilla	Inflorescencia	9	5 000	45 000
<i>Geonoma interrupta</i> (R. et P.) Mart.	Arecaceae	Palma paloma	Hojas de la base	480	1 000	480 000
<i>Geonoma</i> sp. Berlingeri y Medina 95 (MY)	Arecaceae	Palmitiche	Hojas de la base	2 600	1 000	2 600 000
<i>Costus arabicus</i> L.	Costaceae	Piñita	Inflorescencia	36	1 000	36 000

De las especies señaladas en este trabajo, *Heliconia bihai* y *Geonoma interrupta* están incluidas en la lista roja de plantas amenazadas de Venezuela, con grado de “Peligro Crítico” y “Vulnerable”, respectivamente. La principal amenaza se relaciona con su explotación como planta ornamental en el primer caso y la deforestación en el segundo (Llamozas *et al.*, 2003). Lo anterior, ciertamente pone en duda la sostenibilidad de la actividad de recolección, ya que la misma pudiera tener incidencia en la desaparición de algunas especies. Es por ello que se sugiere iniciar un monitoreo inmediato y establecer acciones locales para la conservación *in situ* de estas especies.

En este trabajo se ha inventariado únicamente a las especies vegetales de un bosque húmedo del estado Trujillo, utilizadas como ornamentales, sin considerar otros recursos biológicos vegetales o animales que ellos albergan y que pudieran tener un uso actual o potencial como alimenticias, medicinales, industriales, entre otros, o como recurso para el mejoramiento genético de cultivos tropicales de importancia económica.

En este sentido, Debouck y Libreros (1995) señalan a los bosques montañosos del neotrópico como reservorios de varios parientes silvestres de plantas cultivadas, pertenecientes a los géneros *Carica*, *Cyphomandra*, *Passiflora*, *Persea*, *Phaseolus*, entre otros. Tampoco se consideraron otros usos potenciales de las especies inventariadas, como por ejemplo, las propiedades medicinales de *Costus arabicus* (Maas, 1972). Las especies autóctonas de uso actual o potencial deberían considerarse dentro de un plan de manejo sostenible del bosque o para la producción en sistemas agrícolas diversificados adaptados a esta condición tropical. Sin embargo; la promoción de los recursos forestales autóctonos como base del desarrollo rural requiere no sólo del conocimiento de los mismos, sino que además es preciso generar los medios necesarios para su cultivo y procesamiento, así como desarrollar los mercados que faciliten su comercialización.

Rentabilidad del Uso de las Especies Ornamentales

Las cantidades recolectadas de cada especie en 30 ha de bosque, así como el precio de venta de los productos se pueden apreciar en el Cuadro 1. Los costos de la recolección son ocasionados principalmente por la mano de obra dedicada a las actividades de cosecha, limpieza, clasificación y venta; otro costo lo ocasiona la compra de cabuya para amarrar los paquetes (Cuadro 2).

En el Cuadro 3 se presentan los costos de producción estimados para un rendimiento esperado de 920 kg ha año⁻¹ (20 qq ha año⁻¹) para el cultivo de café, según datos del UEMAT – Trujillo (2006). Es necesario destacar que el rendimiento promedio de café en el municipio Escuque y el estado Trujillo es de 7,5 qq ha año⁻¹ - muy por debajo del rendimiento considerado en este estudio y el de otros países - lo que se debe principalmente al bajo nivel tecnológico empleado en el proceso productivo.

La producción comercial del café se inicia al tercer año de establecido el cultivo, obteniéndose una o dos cosechas principales al año. Generalmente, las plantaciones con más de 10 años comienzan a disminuir sus rendimientos, siendo necesaria la aplicación de una poda a las plantas o en su defecto la completa sustitución de las mismas. Es por ello que se toma esta edad como horizonte de planificación para la comparación de las alternativas financieras.

En el Cuadro 2 se muestra el flujo de fondos para la actividad de recolección en el bosque, para un período de 10 años. Es de resaltar que las especies más valiosas son Lengua de Vaca (*Dieffenbachia maculata*), Corazón Rayado (*Philodendron* sp.), Palmiche (*Geonoma* sp.), Palmita (*Carludovica* sp.) y Helecho Cortina (*Nephrolepis rivularis*), las cuales representan alrededor del 89 % del ingreso total para esta actividad.

De la misma manera en el Cuadro 3 se muestra el flujo de fondos para el cultivo del café para un período de 10 años. Como se observa, el primer ingreso se logra a partir del tercer año, momento a partir del cual se comienzan a tener cosechas importantes.

En el Cuadro 4 se muestran los resultados financieros para las dos alternativas utilizando tres indicadores financieros. En la parte izquierda del cuadro se muestran los valores de los indicadores cuando se considera el trabajo como un costo. A pesar de que el trabajo familiar no constituye un desembolso, representa un costo de oportunidad al dedicar, los miembros de la familia, su fuerza de trabajo a esta actividad. En ese primer caso se puede apreciar que todos los indicadores reflejan la superioridad de la actividad de recolección en relación a la del cultivo de café. En esta última, incluso, se tienen resultados negativos para el VAN y el VES, y la relación beneficio – costo es menor que 1.

CUADRO 2. Flujo de fondos por hectárea para la actividad de recolección para un período de diez años.

Recolección	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS (Bs./ha)											
Mano de Obra Cosecha	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095	121 095
Mano de Obra, Limpieza, Clasificación y venta	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730	80 730
Cuerdad para empaquetar	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400
Sub-Total	210 225										
INGRESOS (Bs./ha)											
Lengua de Vaca	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667
Perforada	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933
Corazón Puro	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133	12 133
Corazón Rayado	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667
Tres Puntas	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467	3 467
Cala de Montaña	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Palma V	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Palmita	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667
Helecho cortina	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000	52 000
Helecho Cuero	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933
Gallito	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933	6 933
Ñaca Roja	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Ñaca Amarilla	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Palma Paloma o cola de Pescado	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000
Palmiche	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667	86 667
Piñita	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Sub-Total	456 350										
Ingreso Neto	246 125										

CUADRO 3. Flujo de fondos por hectárea para la actividad de cultivo de café para un período de diez años.

Café	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS (Bs ha⁻¹)											
Plantas	1 750 095										
Fertilizantes y Enmiendas	756 667	756 667	756 667	756 667	1 050 000	1 050 000	1 050 000	1 050 000	1 050 000	1 050 000	1 050 000
Pesticidas	107 667	107 667	107 667	107 667	157 000	157 000	157 000	157 000	157 000	157 000	157 000
Control Biológico					454 000	454 000	454 000	454 000	454 000	454 000	454 000
Mano de Obra	2 160 000	2 160 000	2 160 000	2 160 000	1 920 000	1 920 000	1 920 000	1 920 000	1 920 000	1 920 000	1 920 000
Otros costos	86 667	86 667	86 667	86 667	255 000	255 000	255 000	255 000	255 000	255 000	255 000
Sub-Total	4 861 001	3 111 001	3 111 001	3 111 001	3 836 000						
INGRESOS (Bs ha⁻¹)											
				4 800 000	4 800 000	4 800 000	4 800 000	4 800 000	4 800 000	4 800 000	4 800 000
Sub-Total	0	0	0	4 800 000							
Ingreso Neto	-4 861 001	-3 111 001	-3 111 001	1 688 999	964 000						

CUADRO 4. Resultados financieros utilizando como criterios de selección de alternativas el valor actual neto (VAN), la relación beneficio costo (B/C), y el valor esperado del suelo (VES), sin considerar y considerando el costo del trabajo.

	Considerando el Costo del Trabajo		Sin considerar el costo del Trabajo	
	Recolección	Café	Recolección	Café
VAN (Bs ha ⁻¹)	1 536 865	-2 784 997	2 797 110	10 010 855
B/C	2,2	0,88	54,33	1,89
VES (Bs ha ⁻¹)	2 227 808	-4 107 503	4 054 633	14 764 690

Si no se considera el trabajo familiar como un costo (tal como lo perciben la mayoría de estas familias), la mejor alternativa según el VAN y el VES es la del cultivo de café. Sin embargo, al observar la relación beneficio - costo se puede apreciar que la actividad de recolección se ve favorecida al tener un valor de 54,3 (por cada bolívar de costo se obtiene Bs 54,3 de ingresos) en lugar de Bs 1,89 generados por el cultivo del café.

Lo anterior se puede interpretar como la necesidad de un mayor esfuerzo para obtener los ingresos en la actividad del cultivo de café. La relación beneficio - costo también demuestra que gran parte de los costos relacionados con el cultivo del café se deben al trabajo, lo que se evidencia por la gran diferencia de los valores de este indicador en ambos casos: considerando y no considerando el trabajo como un costo. Este costo sería lógico no considerarlo si los productores no tuviesen una alternativa mejor que ésta, y en ese caso el costo de oportunidad del trabajo sería cero.

El VES tiene la ventaja sobre el VAN que compara las alternativas para un horizonte infinito, por lo que no sólo considera los ingresos y costos de los primeros diez años, sino además los correspondientes a todos los años, asumiendo que la tierra se mantendrá bajo el mismo uso indefinidamente. Hay que recordar que en el análisis no se está considerando el valor del suelo; de hacerlo, los valores de los indicadores serían aún menores.

Los resultados de este estudio demuestran que la extracción de productos forestales no maderables es una alternativa económicamente viable de uso para el bosque estudiado en el presente trabajo, lo cual se observa al comparar el VAN y el VES de este tipo de uso de la tierra con otros usos comunes en la zona,

como lo es el cultivo del café. El manejo racional del bosque puede constituir una estrategia de conservación de los ecosistemas frágiles de bosques húmedos de montaña, aunque sería preciso determinar los impactos de esta intervención en la densidad y estructura de las poblaciones de las especies involucradas. En este sentido, Peters *et al.* (1989) encontraron que la extracción de frutos comestibles y la cosecha parcial sustentable de alguna madera en un bosque Amazónico es una mejor forma de uso de la tierra que el establecimiento de un monocultivo de madera o un pastizal.

Según Ricker y Daly (1998), una alternativa para disminuir el impacto e incrementar el valor del bosque es el enriquecimiento del mismo con las especies más valiosas. A nuestro criterio, la promoción de su cultivo en las áreas ya intervenidas como componente de sistemas de producción diversificados disminuiría la presión sobre el bosque natural e incrementaría la rentabilidad del sistema. Con respecto a esto, debido a que en los últimos años el bajo precio del café ha provocado que muchos agricultores sustituyan este cultivo por otros rubros, la explotación comercial de plantas ornamentales bajo sombra de árboles u otros arreglos agroforestales, pudiera constituir una alternativa más conservacionista de uso de la tierra.

En este trabajo tampoco se están considerando otros valores económicos del bosque, generados por los servicios ambientales de éste, tales como turismo y recreación, conservación de cuencas hidrográficas, captación de CO₂, actividades culturales y de investigación, etc (Figuerola, 2005). De considerarse, la alternativa de recolección de órganos de especies botánicas se vería favorecida, al ser ésta de menor impacto ambiental.

Análisis de Sensibilidad

Para conocer el efecto que podría tener un cambio en el valor del trabajo sobre el VAN de cada alternativa se hizo un análisis de sensibilidad. En la Figura 1 se muestra este efecto, donde se aprecia que el VAN del cultivo del café es mucho más sensible que el de la otra actividad al variar más rápidamente ante cambios en el valor del trabajo; lo cual se debe a que la actividad del café es más intensiva en trabajo.

En la Figura 2 se muestra la sensibilidad del VAN del café ante cambios porcentuales en el rendimiento por hectárea del cultivo. Se comienzan a tener resultados positivos ante un incremento cercano al 13,1% en el rendimiento de este cultivo (22,62 qq ha año⁻¹). La línea horizontal punteada representa el VAN que se obtiene con la actividad de recolección. Para que ambas alternativas tengan el mismo VAN es necesario que el rendimiento del cultivo del café tenga un incremento de alrededor de 20,3% (24,06 qq ha año⁻¹), suponiendo además que los costos permanecerán constantes. Si se contempla que para mejorar el rendimiento es necesario incurrir en costos mayores, entonces será necesario un incremento aún mayor.

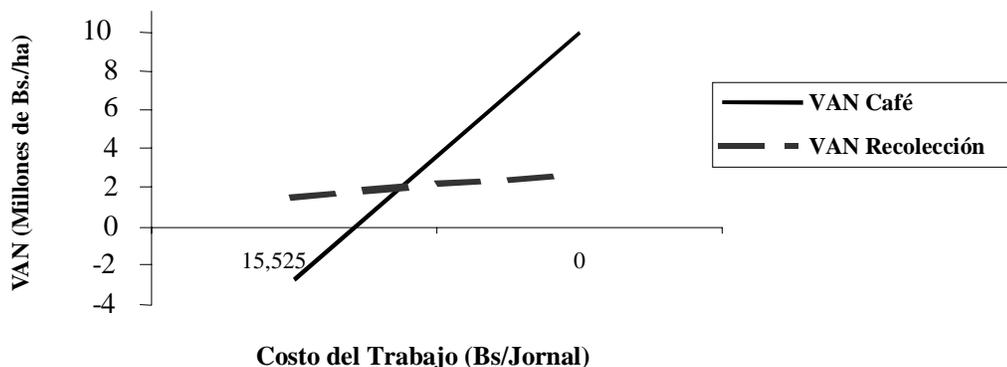


FIGURA 1. Sensibilidad del Valor Actual Neto (VAN) ante variaciones de costo de trabajo.

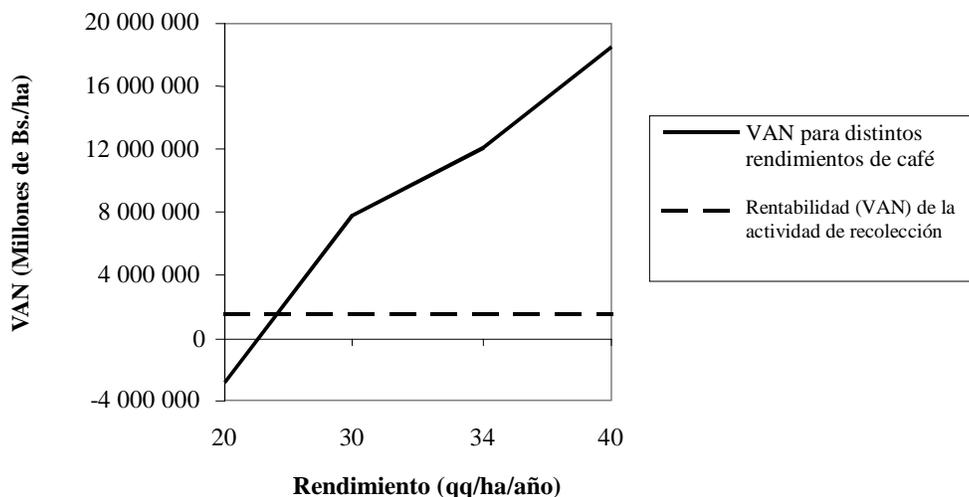


FIGURA 2. Sensibilidad del VAN del café ante cambios en los rendimientos del cultivo.

En los análisis anteriores se evidencian las desventajas de los monocultivos intensivos, los cuales, a pesar de que tienen una mayor producción por unidad de superficie, tienden a producir altos costos de manejo por las condiciones de desequilibrio ecológico generadas.

De la misma manera se hizo variar el precio del quintal de café para conocer el precio que éste debería tener para que ambas actividades tuvieran la misma rentabilidad, y se encontró que es necesario que este ascienda a Bs. 288 720; mientras que para obtener valores del VAN del café positivos es necesario que el precio del quintal sea de Bs. 271 395.

CONCLUSIONES

- Se inventariaron 16 especies de un bosque ribereño del estado Trujillo comercializadas como ornamentales, pertenecientes a las familias *Araceae* (6), *Heliconiaceae* (3), *Cyclanthaceae* (2), *Arecaceae* (2), *Davalliaceae* (1), *Driopteridaceae* (1) y *Costaceae* (1). Once de ellas son utilizadas para la extracción de hojas y 5 para inflorescencias.
- Considerando el valor del trabajo en el análisis financiero, la mejor alternativa es la de recolección. Cuando no se considera este valor, el mejor resultado financiero se obtiene con el cultivo de café; sin embargo, si se toma como indicador la relación B/C, sigue siendo mejor alternativa la recolección.
- Las especies útiles potenciales o actuales autóctonas del bosque debieran considerarse dentro de un plan de manejo sostenible de las áreas boscosas o para la producción en sistemas agrícolas diversificados adaptados a nuestra condición tropical (Sistemas Agroforestales).
- La actividad del cultivo del café es más intensiva en trabajo, por lo que resultó ser más sensible a variaciones en el precio del jornal.
- Para que el cultivo del café tenga resultados financieros positivos es necesario un incremento de 13,1% en los rendimientos; y para que ambas actividades sean igualmente atractivas es necesario incrementar en 20,3% los rendimientos.

- Con un rendimiento de 20 qq ha año⁻¹, el precio del quintal de café debería ascender a Bs 288 720 para que ambas alternativas tengan la misma rentabilidad; y para que el VAN del café sea positivo es necesario que el precio del quintal sea de Bs 271 395.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Sra. Josefa Montilla y a sus hijos Porfirio Javier Montilla, José Antonio Montilla y Keile Josefina Montilla, por toda la colaboración prestada.

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, C. 2004. Composición y diversidad de las Rubiaceae en el estado Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 30(3):149-172.
- Blank, L., y A. Tarkin. 1999. *Ingeniería Económica*. 4 ed. Bogotá, CO, Mac Graw Hill. 722 p.
- Centro de Estudios Ganaderos. 2006. *Notas agropecuarias Venezuela* (en línea). Maracay. Consultado 27 Jun. 2006. Disponible en <http://www.notasagropecuarias.com/>
- Clutter, J., J. Forston, L. Pienaar, G. Brister and R. Bailey. 1983. *Timber management: a quantitative approach*. USA, John Wiley & Sons. 331 p
- Debouck, D. and D. Libreros. 1995. Neotropical Montane Forests: A fragile home of genetic resources of wild relatives of new world crops. **In:** S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero, J.L.Luteyn (eds). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. New York Botanical Garden. p. 561 – 577.
- Dorr, L., B. Stergios, A.R. Smith and N. Cuello. 2000. Catalog of the vascular plants of Guaramacal National Park, Portuguesa and Trujillo States, Venezuela. *Contributions from the United States National Herbarium* 40:1-155.
- Figuroa, J. 2005. Valoración de la biodiversidad: Perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica. *Interciencia* 30(2):103-107.

- Hoyos, J. 1999. Plantas tropicales ornamentales de tallo herbáceo. Caracas, VE, Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía N° 46. 592 p.
- Hoyos, J. y A. Braun. 2001. Palmas en Venezuela: autóctonas y exóticas. Caracas, VE, Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía No 47. 423 p.
- Llamoza, S., R. Duno, W. Meir, R. Riina, F. Stauffer, G. Aymard, O. Huber y R. Ortiz. 2003. Libro rojo de la flora Venezolana. Caracas, VE, PROVITA, Fundación Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela. 555 p.
- Maas, P. 1972. Costoideae (Zingiberaceae), Flora Neotrópica, Monografía No 8. New York, Hafner Publishing Company, 139 p.
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, VE. (MARN). 2000. Mapa de la Vegetación de Venezuela. Caracas, VE. Esc. 1:250.000. 1 disco compacto, 8 mm.
- Nautiyal, J. and J. Williams. 1990. Response of optimal stand rotation and management intensity to one time changes in stumpage price, management cost, and discount rate. *Forest Science*. 36(2):212-223.
- Pereira, J., A. Nogueira ex A. Donizette. 2001. Estudio do momento ótimo de substituição de povoamentos de *Eucalyptus* spp.: o caso do aumento das receitas. *Scientia Forestalis* (59):27-39.
- Peters, C. M., A.H. Gentry and R. O. Mendelsohn. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature* 339:655-656.
- Quiroz, C., M. Gutiérrez, D. Rodríguez, D. Pérez, J. Infante, J. Gamez, T. Pérez de Fernández, A. Marques and W. Pacheco. 2002. Home gardens and in situ conservation of agrobiodiversity – Venezuelan component. **In:** Watson, J.W. and P.B. Eyzaguirre, eds. 2002. Proceedings of the Second International Home Gardens Workshop: Contribution of home gardens to in situ conservation of plant genetic resources in farming systems, 17-19 July 2001, Witzenhausen, Federal Republic of Germany. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Ribeiro, C., D. Betters, O. Monteiro and M. Lopes. 2001. Rethinking the economic rotation age of an even aged regulated forest. *Rev. Árvore*. 25(2):217-222.
- Ricker, M. y D. Daly. 1998. Botánica económica de bosques tropicales: Principios y métodos para su estudio y aprovechamiento. México, D.F, Editorial Diana. 293 p.
- Schnee, L. 1973. Plantas comunes de Venezuela. 2 ed. Caracas, Universidad Central de Venezuela. 806 p.
- Ministerio de Agricultura y Tierra (MAT). Unidad Estatal del Ministerio de Agricultura y Tierras. (UEMAT – Trujillo). 2006. Costos de Producción Rubro Café. 1 disquete HD. 3½ pulgadas.
- Vareschi, V. 1970. Flora de los Páramos de Venezuela. Mérida, VE, Universidad de Los Andes. Ediciones del Rectorado. 429 p.

FENOLOGÍA DE CULTIVARES E HÍBRIDOS DE AGUACATE DE LA RAZA MEXICANA EN LA REGIÓN CENTRO-NORTE COSTERA DE VENEZUELA

PHENOLOGY OF VARIETIES AND HYBRIDS OF AVOCADO MEXICAN RACE IN CENTRAL-NORTH COAS REGION OF VENEZUELA

Luis Avilán*, Enio Soto*, Mercedes Pérez*, Margot Rodríguez** y José Ruiz**

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

RESUMEN

En una población de 26 árboles mayores de 10 años, de cultivares e híbridos de aguacate, *Persea* spp., de la raza mexicana localizado en un bosque seco tropical fue descrito el comportamiento fenológico y relacionado con los regímenes de temperatura y precipitación durante tres ciclos de anuales de producción comprendidos entre el 2002 y el 2005. La iniciación, duración e intensidad de los eventos se establecieron por la aparición de las estructuras correspondientes para cada fase cubriendo el 5% de la copa, en el 30% de los árboles de la población. Los flujos de crecimiento variaron de 3 a 5 y su ocurrencia estuvo asociada a los meses de mayor precipitación (abril a noviembre); y, el primer flujo de crecimiento del ciclo, antecedió y/o acompañó a la floración. El inicio de la floración ocurrió a finales del año (septiembre-noviembre) y se caracterizó por su larga extensión (20 a 29 semanas) y baja intensidad (25% a 50%), como consecuencia del régimen térmico presente durante el período de inducción floral (Pif), caracterizado por temperaturas máximas diarias altas (30° a 32°C) y escasa frecuencia de días con temperaturas bajas (<19°). La precipitación acumulada en el Pif varió entre 375,8 y 567,6 mm., y estuvo ausente de manera parcial y/o total durante la floración. El período de fructificación estuvo alrededor de los 4 meses de duración. Las características ecológicas de la localidad ubicada a una elevación de 450 m.s.n.m., no fueron las más propicias para las exigencias de esta raza

Palabra Clave: *Persea* spp.; fenología; raza mexicana; temperatura; precipitación.

SUMMARY

The phenological behavior of cultivars and hybrids of the mexican race of avocado, *Persea* spp., was described in a population of 26 trees older than 10 years, sowed in a tropical dry forest area located around 450 m.a.s.l.* The phenology was associated to the temperature and rainfall during three production cycles between the years 2002 to 2005. The starting, duration, and intensity of the events were established by the appearance of the corresponding structures in each phase when it covered around 5% of the canopy in 30% of the trees. The growing fluxes on the trees varied from 3 to 5, and their development were associated to the most rainfall months (april to november). The first growing flux preceded or accompanied flowering. The beginning of flowering occurred at the end of the year (september-november) and it was characterized by the longer period of time (from 20 to 29 weeks) and low intensity (25 to 50%) as a consequence of the thermal regime during the period of floral induction, this last characterized by high maximum daily temperatures (30-32°C), and low frequency of days with temperatures lower or equal than (<19°C). The accumulate rainfall during the period of floral induction varied between 375.8 and 567.6 mm and it was partially or totally absent during flowering. The fructification last about 4 months long. The ecological characteristics of the area where the evaluated population is located, at 450 m.a.s.l., seems to be not adequate for the mexican avocado race.

Key Words: *Persea* spp.; phenology; Mexican race; temperature; rain.

* m.a.s.l.= meters above sea level

RECIBIDO: noviembre 21, 2006

APROBADO: febrero 14, 2007

INTRODUCCIÓN

En el mundo los cultivares ‘Fuerte’ y ‘Hass’, híbridos de mexicana por guatemalteca, constituyen la base donde se sustenta la industria del aguacate, *Persea* spp; sin embargo, en las 8 091 ha localizadas principalmente en los estados Yaracuy, Carabobo, Sucre y Miranda, donde se explota este frutal a nivel nacional, su presencia es nula o muy escasa (Gaillard, 1987, Avilán *et al.*, 1997).

Los frutos de tamaño pequeño (200 a 300 g) y sabor que recuerda al de la avellana, *Corylus avellana* L., por su alto contenido de grasa, no se ajusta a la exigencias de los consumidores nacionales. Pese a estas limitaciones, los materiales de esta raza poseen un gran potencial para ser empleados como patrones, porque además de inducir el porte pequeño de los árboles, algunos presentan tolerancia a la “pudrición de las raicillas” cuyo agente causal la *Phytophthora cinnamomi* Rands, es la principal limitante del cultivo a nivel mundial (Bergh, 1987).

La raza mexicana es originaria de los valles de México, de regiones con alturas de 1 500 a 2 000 m.s.n.m., y posee como característica en las hojas un olor a anís que lo diferencia del resto; así como, una época de floración de las más tempranas (Rodríguez-Suppo, 1982). En relación a la influencia de los principales componentes del clima, Gaillard (1987) indica que las necesidades de calor son bajas para la raza mexicana, medias para la guatemalteca y elevadas para la antillana; y en relación a la humedad son bajas para la mexicana y medias para el resto.

Avilán *et al.* (2005) al describir el comportamiento fenológico de híbridos guatemaltecos por antillana, en la región centro norte de Venezuela caracterizada como bosque seco tropical, durante 4 ciclos determinaron que el número de flujos de crecimiento en cada ciclo, varió de 2 a 4 y estuvieron asociados a los meses de mayor precipitación (agosto-octubre y mayo); así como, que el primer flujo antecedió y/o acompañó a la floración. En relación al inicio de la floración (IF), señalan que ocurrió en los meses finales del año (septiembre-noviembre) con excepción del ciclo 2000-2001 que se presentó en enero. Añadiendo que la duración fue muy variable, desde los 70 hasta los 175 días y la máxima intensidad se presentó entre febrero-marzo. El período de fructificación estuvo alrededor de los 6 a 6,5 meses de duración.

En relación a la incidencia de la temperatura y la precipitación sobre las diferentes fases, Avilán *et al.* (2005) señalan que las temperaturas mínimas de 20 °C y 19 °C fueron las de mayor frecuencia en los 30, 60 y 90 días que precedieron el IF, presentando diferencias significativas entre los estratos considerados y representaron en su conjunto entre el 48,6% y 57,7%. Así mismo, indican, que en los 90 días antes del IF de los ciclos 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005, hubo una abundante precipitación, desde 329 hasta 557,5 mm, con la excepción del 2000-2001 que durante el mismo lapso fue de escasa a nula (1,4 mm).

Esos resultados concordaron en gran medida con los comportamientos descritos para las fases de crecimiento y floración, que permitieron evidenciar la incidencia de la temperatura y la precipitación sobre el inicio, duración e intensidad de los procesos estudiados por Venning y Lincoln (1956), Gregoriou y Kumar (1982), Gaillard (1987) y Salazar-García *et al.* (1998 y 1999).

Chaikiattiyos *et al.* (1994) en ‘Hass’ en experimentos separados para evaluar la interrelación entre la temperatura y la suplenia de agua, indicaron que en regímenes diurnos/nocturnos de baja temperatura (23°/18° y 18°/15 °C comparado con 29°/25°) redujeron el crecimiento vegetativo e indujeron la floración. Así mismo, que temperaturas por debajo de 25 °C son esenciales para florecer y no pueden ser reemplazadas por el estrés hídrico. Salazar-García *et al.* (1998 y 1999) para el mismo cultivar encontró una buena correlación de días acumulados con temperaturas iguales o inferiores a 15 °C, y el desarrollo de la inflorescencia.

En relación a la fructificación, Valmayor (1967) señala que éste es característico de cada cultivar, y en los de la raza mexicana varía de 6 a 8 meses; mientras Gaillard (1987) indica que de 7 a 9 meses, añadiendo que generalmente los híbridos interraciales ocupan una posición intermedia.

En el presente estudio se describió el comportamiento fenológico de una población de cultivares e híbridos de la raza mexicana, y se relacionó con los regímenes de temperatura y precipitación ocurridos durante tres ciclos anuales de producción (CAP) comprendidos entre julio del año 2002 hasta julio del 2005.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de las diferentes fenofases se realizó tomando como base una población de 26 árboles pertenecientes a la colección de aguacates del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA), de cultivares de la raza mexicana e híbridos mexicana por guatemalteca con más de 10 años de edad constituida por 5 de 'Mexicola', 5 'Duke', 2 'Puebla', 2 'Lula' y 1 'Fuerte'; y los híbridos, 3 de 'Ettinger', 4 'Tonnage', 2 'Monroe' y 2 'Ryan'; considerando que mostraron un comportamiento muy similar y/o con diferencias no consistentes en las 153 semanas de observación de los diferentes eventos fenológicos. Estaban distanciadas a 8 m entre sí, en libre crecimiento, y sometidas solamente a un manejo limitado al control de la cobertura vegetal presente en las áreas libres y poda sanitaria o de mantenimiento (Avilán y Rodríguez, 1997).

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

Se estableció como inicio de cada CAP la última semana del mes de julio (Semana 1) y como la culminación del mismo la penúltima semana del mes de julio del siguiente año (Semana 52); y, para la determinación del inicio y la duración de los eventos en cada ciclo, se cuantificó el número de semanas transcurridas, a partir de la última del mes de julio. El inicio del crecimiento, floración y fructificación, se estableció mediante la ocurrencia de las estructuras correspondientes y que su presencia fuera superior al 5% de la superficie exterior de la copa de cada árbol, en el 30% de la población.

Para tal fin se realizaron en cada uno de los 26 árboles de la población, desde la semana 1 (22 al 28 de julio del año 2002) del ciclo 1 de manera ininterrumpida registros semanales y/o diarios de acuerdo a la presencia e intensidad de los procesos, dividiendo la copa en 4 cuadrantes imaginarios a los cuales se les asignó un porcentaje máximo de 25% (Fournier, 1974).

El estado correspondiente al inicio de cada fenofase fueron los establecidos por Aubert y Lossois (1972) los cuales se describen a continuación.

Crecimiento: estadio C caracterizado por la abscisión de las estipulas, y en el ápice de la rama en formación aparecen las puntas de las primeras nuevas hojitas (4 a 5 hojas). Las estipulas se recurvan hacia afuera y caen. Los brotes laterales pueden comenzar a aparecer, en razón a que la dominancia de las yemas apicales es relativa.

Floración: evidenciada por la presencia de la estructura globosa de la inflorescencia y el pedúnculo primario de la misma es netamente visible, correspondiente a los estadios B y C de la floración. La época de máxima intensidad se estableció cuando la población alcanza el mayor porcentaje.

Fructificación: el estadio B de la fructificación caracterizado por un alargamiento significativo del pedúnculo floral y el fruto está individualizado.

En la estación climatológica del CENIAP-INIA, localizada al mismo nivel y a unos 100 metros del huerto, se obtuvieron para los diferentes CAP los registros disponibles de precipitación diaria y mensual desde julio del año 2002 hasta junio del 2005, y la temperatura máxima y mínima diaria del año 2003 al 2005. Con esta información se determinó la temperatura máxima diaria promedio y el número de días con temperaturas iguales o inferiores a los 23, 22, 21, 20, 19, 18, 17 16 y 15 °C, respectivamente, para cada mes; así como, la precipitación (mm) acumulada que antecedió al evento de la floración en los diferentes ciclos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, por las observaciones realizadas durante los tres CAP se pudo establecer la existencia de una discreta, pero, casi continua actividad de los árboles de la población, con frecuente solapamiento de las diferentes fases, así como un incremento en la duración e intensidad, especialmente de la floración, a partir del ciclo 1 (2002-2003).

Crecimiento

El número de flujos vegetativos, duración y porcentaje de población registrados en cada uno de los

ciclos fue muy variable (Cuadro 1). Durante los ciclos 1 y 3 se presentaron tres, mientras en el ciclo 2, 5 flujos de crecimiento. La duración de los flujos varió de 2 a 12 semanas, presentándose un solapamiento entre el último de un ciclo y el primero del siguiente. La participación de la población osciló entre un 38,4 a 57,6%, con excepción del último flujo del ciclo 3, donde la misma alcanzó el 88,4%. Las temperaturas máximas diarias promedio (Cuadro 2) entre 30 °C y 32 °C casi constantes a lo largo del año favorecieron el evento.

La ocurrencia de los flujos estuvo asociada a los meses de mayor precipitación (Cuadro 2) para la zona (abril a noviembre), y el primer flujo, antecedió y/o acompañó a la floración. Este hecho concuerda con el comportamiento descrito en relación a éste evento por Venning y Lincoln (1956) y lo observado por Avilán *et al.* (2005) en los cultivares híbridos de guatemalteca por antillana en la misma zona y época. Así mismo, se evidenció que la yema terminal vegetativa de la inflorescencia se desarrolla al mismo tiempo que ocurre la antésis, que como acota Rodríguez-Suppo (1982), es una característica de los cultivares de la raza mexicana. En las otras razas puede quedar latente y desarrollarse después (Rodríguez-Suppo, 1982).

Floración

En general el inicio de esta fase en los 3 ciclos (Cuadro 3) ocurrió en los meses finales del año, septiembre–noviembre (Cuadro 4) cuya intensidad y duración se fue incrementando paulatinamente con el pasar de los ciclos. Rodríguez-Suppo (1982) destaca que la raza mexicana es de las más tempranas en IF, sin embargo, en relación a los híbridos de guatemalteca por antillana en la misma localidad y época (Avilán *et al.*, 2005), con la excepción del ciclo 2004-2005, el inicio fue posterior a las 9 a 10 semanas y /o ocurrió simultáneamente.

En el ciclo 1 ocurrieron 2 floraciones, la primera de corta duración (2 semanas) iniciada en la semana 16 (4 al 10 de noviembre del 2002) y culminando en la semana 17 (11 al 17 de noviembre del 2002), con una participación del 30% de la población y una máxima intensidad del 25%; y una segunda floración, que se inició en la semana 25 (5 al 11 de enero 2003) y

culminó en semana 36 (23 al 29 de marzo 2003), con participación del 53,8% de la población y con un 30% de intensidad máxima. En los ciclos 2 y 3 los inicios ocurrieron en las semanas 19 (23 al 29 de noviembre 2003) y semana 10 (14 al 25 septiembre 2004), y la duración del proceso varió entre 20 y 29 semanas, respectivamente; estando las mayores intensidades en el orden del 50% (Cuadro 3).

Las observaciones efectuadas en la misma localidad y época (2003-2004 y 2004-2005), en híbridos de la raza guatemalteca por antillana (Avilán *et al.*, 2005) la duración de los períodos de floración fueron de 18 y 25 semanas, respectivamente, pero la intensidad del proceso varió entre 80% y 90%. Estos hechos evidencian que las características ecológicas de la localidad, situada a una elevación de 450 m.s.n.m., es más propicia para que ocurra el proceso en los híbridos de guatemalteca por antillana que para los cultivares e híbridos de la raza mexicana, originarios de regiones con alturas de 1 500 a 2 000 m.s.n.m (Rodríguez-Suppo, 1982; Bergh, 1987). Al respecto Schroeder (1951) citado por Gaillard (1987) señala que el alargamiento del período de floración de 1 a 6 meses, ocurre porque las condiciones climáticas son desfavorables, y en casos muy acentuados pueda existir una segunda floración, como sucedió en el ciclo 1.

Según Gaillard (1987) las necesidades de calor de la raza mexicana son bajas. La temperatura promedio mensual de las máximas diarias registradas durante los meses previos al IF variaron entre 30 °C y 32 °C (Cuadro 2) superiores a los 25 °C señalado por Butrosse y Alexander (1978) como inhibitoras de la inducción floral (if); sin embargo, el proceso ocurre, pero parece afectar la intensidad y duración del mismo.

En los ciclos 2 y 3 las temperaturas iguales o inferiores a los 23 °C (Cuadro 4) esenciales para florecer según Chaikiattiyos *et al.* (1994), ocurren con una frecuencia del casi 100% de los días, en todos los meses del año; mientras las temperaturas ≤ 15 °C, estrato en el cual Salazar-García *et al.* (1998) encontraron una buena correlación de días acumulados para el desarrollo de la inflorescencia en 'Hass', solamente se presentaron en el último mes del año y primeros del siguiente.

CUADRO 1. Semana de inicio, final y duración del crecimiento (1) y porcentaje de la población participante durante los ciclos de producción (2002 al 2005).

Ciclo (2)	Semana de Inicio	Semana Final	Duración Semanas	% Población
1	1era Semana 1 (22 al 28 julio 2002)	Semana 11 (30 de septiembre 2 de octubre 2002)	11	50,3
	2da Semana 37 (31 marzo al 5 abril 2003)	Semana 44 (18 al 24 de mayo 2003)	8	50,3
	3ra Semana 51 (6 al 12 julio 2003)	Semana 52 (13 al 19 de julio 2003) Cont...4	2	42,3
2	1era Semana 1 (20 al 26 julio 2003)	Semana 3 (3 al 9 de agosto 2003)	3	53,0
	2da Semana 10 (21 al 27 septiembre 2003)	Semana 12 (5 al 11 de octubre 2003)	3	38,4
	3era Semana 16 (2 al 6 noviembre 2003)	Semana 21 (7 al 13 de diciembre)	6	46,1
	4ta Semana 32 (22 al 28 febrero 2004)	Semana 36 (21 al 27 de marzo 2004)	5	42,3
	5ta Semana 42 (2 al 8 de mayo 2004)	Semana 52 (11 al 17 de julio 2004) Cont...	11	38,4
3	1era Semana 1 (18 al 24 julio 2004)	Semana 4 (8 al 14 de agosto 2004)	4	38,4
	2da Semana 11 (26 septiembre al 2 octubre 2004)	Semana 22 (12 al 18 de diciembre 2004)	12	57,6
	3era Semana 44 (15 al 21 mayo 2004)	Semana 52 (10 al 16 de julio 2005)	9	88,4

(1)En cada ciclo la Semana 1 corresponde a la última semana del mes de julio y la Semana 52 a la penúltima semana del mes de julio del siguiente año (2) máxima intensidad de floración.

(2)Ciclo 1=2002-2003, Ciclo 2 =2003-2004, Ciclo 3 = 2004-2005,

(3)1ero: primer flujo; 2do: segundo flujo; 3ero: tercer flujo; 4to: cuarto flujo

(4)Cont.: continuación de la fase

La if que se estima ocurre en los 3 meses que anteceden el IF (Gaillard, 1987), que en el ciclo 2 fueron agosto, septiembre y octubre, y para el ciclo 3 junio, julio y agosto (Cuadro 4); se caracterizaron por un incremento paulatino de la frecuencia del número de días de los estratos con temperaturas iguales y/o inferiores a los 19 °C y 20 °C. Avilán *et al.* (2005) para el mismo lugar y época, determinaron que las temperaturas mínimas de ≤ 20 °C y ≤ 19 °C, fueron las de mayor frecuencia, presentando dife-

rencias significativas y representaron en su conjunto entre el 48,6% y 57,7% de los estratos considerados. Butrosse y Alexander (1978) establecieron para el 'Fuerte' (híbrido de mexicana por guatemalteca) que las temperaturas mínimas menores a 20 °C promovieron la if.

La ocurrencia de temperaturas máximas diarias elevadas y la escasa frecuencia de días de los estratos de temperaturas inferiores a ≤ 19 °C al inicio del

proceso (if) y su paulatino incremento una vez iniciado el mismo, permiten explicar en parte, el largo proceso de floración que ocurre en los ciclos 2 y 3. Estas circunstancias fueron más favorables en el ciclo 2 donde la frecuencia de días con temperaturas ≤ 15 °C fue más acentuada, con la ocurrencia de 17 y 16 días en enero y febrero, respectivamente, e incidieron en acortar el período de floración. En el ciclo 3 la ocurrencia de los estratos inferiores (≤ 18 y hasta ≤ 15) fue más dispersa, y ello propició que el proceso fuera más extenso.

El ciclo 3, se inició en la semana 10 (14 al 25 de septiembre 2004) y culminó en la semana 39 (10 al 16 de abril 2005), es decir, 29 semanas de duración; mientras el ciclo 2 se inició en la semana 19 (23 al 29 de noviembre 2003) y culminó en la semana 40 (18 al 24 de abril 2004) con una duración de 20 semanas. La máxima intensidad en ambos ciclos fue similar (50%) y la participación de la población fue del 61,5% en el ciclo 2 mientras en el ciclo 3 del 69,2%.

En relación a la precipitación, en los meses de agosto, septiembre y octubre del ciclo 2, y junio, julio y agosto del ciclo 3, donde presumiblemente ocurrió la if, la precipitación acumulada fue de 567,6 y 375,8 m.m., respectivamente (Cuadro 2). Gaillard (1987) destaca que un déficit hídrico de corta duración (2 meses) es favorable para una IF, especialmente en algunos climas tropicales no caracterizados por una disminución en la temperatura suficiente para acarrear una detención completa del crecimiento vegetativo.

Durante el IF y en el transcurso de la misma, también hubo la presencia y/o ausencia parcial o total de precipitaciones. En el ciclo 2 los meses de enero, febrero y marzo y en éste último en el ciclo 3 las lluvias estuvieron ausentes (Cuadro 2). Si bien para la if es favorable la ocurrencia de un estrés hídrico, durante el proceso, puede en función a la demanda de la planta causar problemas. Whiley *et al.* (1988) destacan que durante ésta fenofase cerca del 13% de la transpiración total de la copa de la planta, puede ser atribuida a los órganos florales, lo cual indica que durante el proceso las demandas hídricas son elevadas.

CUADRO 2. Precipitación (m.m) y temperatura (°C) máxima diaria promedio mensual durante los tres ciclos anuales de producción (1) comprendidos entre el 2002 y 2005.

Meses	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3	
	mm	°C	mm	°C	mm	°C
Julio	67,3	32,1	135,9	30,9	122,9	31,3
Agosto	128,2	32,1	229,3	31,3	170,2	31,0
Septiembre	139,3	32,1	144,0	31,9	177,4	31,4
Octubre	72,6	32,8	194,3	32,4	107,2	31,3
Noviembre	37,1	32,9	201,3	32,1	87,5	30,5
Diciembre	0,6	32,8	6,7	32,2	17,8	31,7
Enero	0,0	34,1	0,0	32,7	67,5	31,9
Febrero	0,0	34,6	0,0	33,4	24,1	32,6
Marzo	0,0	35,9	0,0	34,2	0,0	34,1
Abril	84,1	33,9	77,9	34,0	76,3	32,8
Mayo	146,0	33,3	172,1	31,4	80,8	31,1
Junio	82,7	31,8	82,7	31,2	–	30,1
Total	757,9	–	1 244,2	–	931,7	

(*) Registros climáticos de la Estación CENIAP, Latitud 10°17', Longitud 63°17'. Altitud 455 m.s.n.m.

(1) Ciclo 1=2002-2003, Ciclo 2 =2002-2004, Ciclo 3 = 2004-2005.

Un ciclo anual se inicia en la última semana del mes de julio y culmina en la penúltima semana del mes de julio del siguiente año.

CUADRO 3. Semanas de inicio, duración y máxima floración (1), porcentaje de árboles de la población participante durante los ciclos de producción 2002 al 2005.

Ciclo (2)	Semana Inicio Floración	Semana Final Floración	Total Semana	% Población	Semana de Máxima floración
1	1era Semana 16 (4 al 10 noviembre 2002)	Semana 17 (11 al 17 noviembre 2002)	2	30,0	Semana 17 (11 al 17 noviembre 2002) (25%)
	2da Semana 25 (5 al 11 enero 2003)	Semana 36 (23 al 29 marzo 2003)	11	53,8	Semana 29 a 30 (4 al 13 febrero) (25%)
2	Semana 19 (23 al 29 noviembre 2003)	Semana 40 (18 al 24 abril 2004)	20	61,5	Semana 26 a 27 (14 al 20 de enero 2004) (50%)
3	Semana 10 (14 al 25 septiembre 2004)	Semana 39 (10 al 16 abril 2005)	29	69,2	Semana 27 a 28 (21 al 28 enero 2005) (50%)

(1)En cada ciclo la Semana 1 corresponde a la última semana del mes de julio y la Semana 52 a la penúltima semana del mes de julio del siguiente año (2) máxima intensidad de floración.

(2)Ciclo 1= 2002-2003, Ciclo 2 = 2003-2004, Ciclo 3 = 2004-2005,

CUADRO 4. Frecuencia de días con temperatura iguales y/o inferiores a los 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23 °C (1), respectivamente, en los Ciclos 2 y 3(2).

Mes	≤15°	≤16°	≤17°	≤18°	≤19°	≤20°	≤21°	≤22°	≤23°
Julio 2003	0	0	1	0	2	17	7	3	1
Agosto	0	0	0	2	7	12	10	0	0
Septiembre	0	0	0	2	7	11	8	2	0
Octubre	0	0	1	1	3	10	13	3	0
Noviembre	0	1	0	3	9	10	7	0	0
Diciembre	2	7	6	4	7	5	0	0	0
Enero	17	6	4	2	1	1	0	0	0
Febrero	16	4	4	2	2	0	0	0	0
Marzo	6	3	4	4	9	3	2	0	0
Abril	0	1	2	0	2	6	9	6	4

../... continúa

../... Continuación Cuadro 4.

Mes	≤15°	≤16°	≤17°	≤18°	≤19°	≤20°	≤21°	≤22°	≤23°
Mayo	0	0	1	1	3	4	12	4	6
Junio	0	0	1	6	6	12	2	2	1
Julio 2004	0	1	3	3	9	11	3	1	0
Agosto	0	0	0	2	7	11	4	4	3
Septiembre	0	0	1	2	10	12	5	0	0
Octubre	0	0	0	1	12	12	6	0	0
Noviembre	0	0	4	3	7	11	5	0	0
Diciembre	5	2	4	10	8	1	0	1	0
Enero	4	5	8	5	5	2	2	0	0
Febrero	5	3	3	5	4	5	1	2	0
Marzo	2	7	4	8	5	3	0	1	1
Abril	0	0	0	3	2	14	4	2	5
Mayo	0	0	0	0	2	9	5	14	1

Fructificación

Con la excepción del ciclo 1 donde el período de fructificación estuvo definido, desde la semana 30 (9 al 15 de febrero 2003) hasta la semana 50 (30 de junio al 5 de julio del 2003), es decir 20 semanas (4 meses), en los restantes (ciclos 2 y 3) se apreció un solapamiento del evento (Cuadro 5). Este último hecho está asociado a los extensos períodos de floración y los altos porcentajes de 73% y 83%, respectivamente, de participación de la población.

La reducción en el tiempo de fructificación, estimado para los de la raza mexicana por Valmayor (1967) entre 6 a 8 meses y por Gaillard (1987) de 7 a 9 meses, posiblemente es debido a las temperaturas más elevadas que caracterizan la región (Cuadro 2) que como acota Gaillard (1987) acortan el ciclo productivo.

CONCLUSIONES

- Las condiciones ecológicas de la localidad (450 m.s.n.m) en relación a las de origen de la raza mexicana (1 500 a 2 000 m.s.n.m) favore-

cieron el desarrollo vegetativo, acortaron el de fructificación, pero incidieron negativamente en la floración.

- El número de flujos de crecimiento en los CAP variaron de 3 a 5 y su ocurrencia estuvo asociada a los meses de mayor precipitación para la zona (abril a noviembre), y el primer flujo antecedió y/o acompañó a la floración.
- El IF ocurrió en los meses finales del año (septiembre-noviembre) y el proceso se caracterizó por su larga extensión (20 a 29 semanas) y baja intensidad (25% a 50%), como consecuencia del régimen térmico caracterizado por temperaturas máximas diarias altas (30° a 32 °C) y escasa frecuencia de días con temperaturas bajas (≤19°).
- La precipitación acumulada en el período de if, no tuvo incidencia sobre el proceso, variando entre 375,8 y 567,6 mm y/o estuvo ausente de manera parcial o total durante la floración.
- El período de fructificación estuvo alrededor de los 4 meses de duración, favorecido por el régimen de temperaturas altas característico de la región.

CUADRO 5. Semana de inicio, final y duración (1), porcentaje de árboles de la población participante durante la fructificación en los ciclos de producción 2002 al 2005.

Ciclo(2)	Semana Inicial	Semana Final	Duración Semanas	%Población
1	Semana 30 (9 al 15 febrero 2003)	Semana 50 (30 junio al 5 julio)	20	46,1
2	Semana 26 (11 al 17 febrero 2004)	Semana 52 Cont. (3) (11 al 17 de julio 2004)	26	73,0
3	Cont. Semana 1 (18 al 24 julio 2004)	Semana 52 (10 al 16 julio 2005)	53	84,6

(1)En cada ciclo la Semana 1 corresponde a la última semana del mes de julio y la Semana 52 a la penúltima semana del mes de julio del siguiente año.

(2)Ciclo 1=2002-2003, Ciclo 2 =2003-2004, Ciclo 3 = 2004-2005.

(3)Cont.: continuación de la fase

BIBLIOGRAFÍA

- Aubert, B. et P. Lossois. 1972. Considérations sur la phénologie des espèces fruitières arbustives. *Fruits* 27(4):269-286.
- Avilán, L., E. Soto, M. Pérez, C. Marín R., M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Comportamiento fenológico híbridos guatemalteca por antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela. *Agronomía Trop.* 55(4):535-551.
- Avilán, L. y M. Rodríguez. 1997. Descripción y evaluación de la colección de aguacates (*Persea spp.*) del CENIAP. Maracay, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias; Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. IICA/CReA/PROCIANDINO/FRUTEX. 92 p. (Serie A N° 12).
- Avilán, L., F. Leal y D. Bautista. 1997. El Aguacatero, principios y técnicas para su producción. Caracas, Venezuela. Espasan de Editores. S.R.L. 380 p.
- Bergh, B. 1987. Aguacate. En: Genotecnia de cultivos tropicales perennes. F. Ferwerda y F. Wit (Editores). México. A.G.T Editor, S.A. 501 p.
- Buttrose, M. and D. Alexander. 1978. Promotion of floral initiation in 'Fuerte' avocado by low temperature and short day length *Scientia Horticulturae.* 8:213-219.
- 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.
- 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.
- Fournier, L. 1974. Un método cualitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(4):422-423.
- Gaillard, J. 1987. L'avocatier sa culture, ses produits. France. G.P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T. 419 p.
- Gregoriou, C. and D. Kumar. 1982. Some aspects of shoot and root growth of avocado under lowland tropical conditions. *California Avocado Society Yearbook:* 66:129-144.
- Rodríguez-Suppo, F. 1982. El aguacate. México. A.G.T. Editor, S.A. 167 p.
- Salazar-García, S., E. Lord and C. Lovatt. 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill) during "on" and "of" crop years. *Journal American Society Horticultural Science.* 123(4):537-544.

- Salazar-García, S., E. Lord and C. Lovatt. 1999. Inflorescence development of the 'Hass' avocado: Commitment to flowering. *Journal American Society Horticultural Science*. 124(5):478-482.
- Whiley, A., K. Chapman and J. Saranah. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* cv Fuerte) during flowering. *Australian Journal Agricultural Research* 39: 457-467.
- Valmayor, R. 1967. Cellular development of the avocado from blossom to maturity. *The Philippine Agriculturist* 50(10):907-976.
- Venezuela. 1996. Ministerio de Agricultura y Cría VI Censo Agropecuario, Caracas, sn.
- Venning, F. and F. Lincoln. 1956. Developmental morphology of the vegetative axis of avocado and its significance spacing, pruning practices, and yields of grove. *Proceedings Florida Station Horticultural Society* 71:350-356.

TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN BRAMÓN, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

TEND OF RAINFALL IN BRAMÓN, TÁCHIRA STATE, VENEZUELA

Beatriz I. Lozada García* y Carmen Barboza*

Investigadoras. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira (CIAE Táchira).
Carretera vía Delicias, Bramón, estado Táchira. Venezuela.
E-mail: beatrizloz@hotmail.com; blozada@inia.gob.ve; cabarboza@inia.gob.ve.

RESUMEN

La agricultura presenta una alta dependencia de las condiciones climáticas; dentro de los elementos del clima, la precipitación es la responsable por la alternancia en los rendimientos, debido a su variabilidad interanual. En los últimos años ha crecido el interés por los estudios de variabilidad y cambio climático, para lo cual es necesario disponer de series homogéneas. El objetivo de este estudio fue identificar la existencia de tendencia en las series de datos de precipitación total anual (PTA), y los totales de los períodos seco (diciembre-marzo) y húmedo (abril-noviembre) de Bramón, estado Táchira, Venezuela, en el lapso comprendido desde 1941 al 2005; asimismo, estimar aproximadamente el año de inicio de la tendencia de la precipitación y su significancia estadística. El análisis de la tendencia se efectuó a través de las siguientes pruebas no paramétricas: prueba de correlación serial (Wald-Wolfowitz), prueba del coeficiente de Spearman, prueba de Mann-Kendall y la prueba de Pettit. Se identificó una tendencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$) de aumento de la PTA, y período húmedo en el lapso bajo estudio. La prueba de Pettit indicó un cambio abrupto significativo ($\alpha = 0,05$) en el año 1965.

Palabras Clave: Lluvia; series temporales; pruebas no paramétricas; Bramón; Táchira; Venezuela.

SUMMARY

The agriculture presents a high dependence of the climatic conditions. Of those elements of the climate, the rainfall is the responsible for the alternation in the yields, due to its inter-year variability. In the last years had increased the interest for the studies of variability and climatic change, so it is necessary to have homogeneous series. The objective of this study was to identify tendencies or trends in the series of annual rainfall, and of the rainfall of the dry (December-March) and wet (April-November) periods in Bramón (Táchira State, Venezuela), in the period from 1941 to 2005, and to estimate the year of beginning of the change in the tendency of the rainfall. The analysis of the tendency was done through the following not parametric tests: serial correlation (Wald-Wolfowitz), the coefficient of Spearman, Mann-Kendall, and the test of Pettit. A significant ($\alpha=0.05$) increase of the annual total rainfall, and wet time was observed. The test of Pettit showed a significant change ($\alpha=0.05$) in the year 1965.

Key Words: Rainfall Tendency in Bramón; Táchira State; Venezuela.

RECIBIDO: octubre 26, 2006

APROBADO: febrero 21, 2007

INTRODUCCIÓN

La agricultura, es la actividad productiva y económica, que presenta una mayor dependencia de las condiciones climáticas de una región, siendo estas las principales responsables por la variación en la producción anual de los cultivos. Dentro de los elementos del clima, la precipitación es el principal responsable de la alternancia de los rendimientos, y en condiciones de agricultura de secano su influencia es aún mayor. Igualmente afecta cultivos perennes, los cuales también presentan variación en sus rendimientos, tal es el caso de la producción de café en Bramón, estado Táchira, la cual depende de la oferta hídrica proveniente de las lluvias.

Por otro lado, en las últimas décadas, después de la Conferencia de Cambio Climático de Kyoto, la preocupación por la variabilidad climática, el cambio climático y su influencia sobre el régimen de precipitación, temperaturas y otros elementos del clima, se ha venido incrementando a nivel global. La teoría más aceptada sobre el origen del cambio climático, es que este es consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero por parte de la actividad del hombre. Una de las consecuencias directas del calentamiento global según Kart *et al.* (1976) citado por Back (2001) es la alteración de la frecuencia y distribución de las lluvias, incrementando la ocurrencia de sequías e inundaciones.

Martelo (2004), utilizando Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (EEGEI), simuló el comportamiento de la temperatura y la precipitación en Venezuela, para escenarios climáticos "Pesimistas e Intermedios" con el escenario EEGEI (SRES-A2) y un escenario climático "Optimista" con el (SRES-B1). El autor encontró tendencia hacia una menor precipitación en el futuro, observándose diferencias regionales. El menciona que para los Andes existe mayor incertidumbre que para otras regiones. Considerando la consecuencia en la agricultura, Martelo (2004) señala que se presenta un cambio en el número de meses húmedos producto de los cambios en la precipitación y evapotranspiración, que pueden conllevar a cambios en la distribución espacio-temporal de los sistemas agrícolas.

Córdova (2003), menciona que en un estudio de la NOAA (Nacional Oceanic Atmospheric Adminis-

tration) sobre anomalías en la precipitación para el trimestre febrero-marzo-abril del 2003, en Venezuela, se observó un déficit superior al 50% en la precipitación de la región nor y sur oriental del país, y para la región nor-central la reducción fue del 25%, en tanto que hacia la región centro-occidental se presentaron excedentes superiores al 120% de las precipitaciones.

Estudios sobre cambio climático y variabilidad y sus posibles relaciones se ven afectados debido a los problemas de confiabilidad de los registros climáticos o a la inexistencia de los mismos, por esto, es esencial disponer de series temporales homogéneas y además las inhomogeneidades deben ser detectadas y corregidas. Diversos autores (Back, 2001; Massmann *et al.* (2004); Yevjevich, (1972) citado por Back, (2001)), coinciden en definir tendencia de una serie como los cambios sistemáticos, continuos y graduales en el tiempo, de aumento o disminución de la variable estudiada. Massmann *et al.* (2004) definen cambio abrupto como un cambio brusco, permanente, del valor medio, durante el período analizado. En algunos casos, los cambios abruptos se suelen asociar a cambios en la instrumentación, en el proceso de observación, o en la ubicación de la estación.

El análisis de las series temporales consiste en la verificación de la existencia o no de tendencias y cambios bruscos en los valores de las medias, y si estos son estadísticamente significativos. Antes de la aplicación de estas pruebas debe ser verificada la independencia de la serie temporal, sin la cual pueden ser identificadas tendencias inexistentes (Pellegrino, 2001).

El objetivo del estudio es identificar la existencia de tendencia y estimar aproximadamente el año de inicio del cambio y su significancia, para las series de precipitación total anual (PTA), y los totales de los períodos seco (TPS) y húmedo de Bramón, estado Táchira, Venezuela.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las series de datos de PTA, y los TPS (diciembre-marzo) y húmedo (abril-noviembre) utilizada en el estudio pertenecen a la Estación Agrometeorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

(INIA), Bramón, estado Táchira, localizada en las coordenadas: latitud: 7°39'22" N, longitud: 72°23'40" W y altitud: 1 105 m.s.n.m. El período considerado va desde 1941 al 2005.

El análisis de la tendencia se efectuó a través de las siguientes pruebas no paramétricas: prueba de correlación serial (Wald-Wolfowitz), prueba del coeficiente de Spearman, prueba de Mann-Kendall y la prueba de Pettit. También, se hizo un análisis de regresión lineal para identificar alteraciones en las series por medio de la significancia del coeficiente angular (a) de la ecuación:

$$Y = ax + b \quad (1)$$

La prueba es estadísticamente significativa si el intervalo de confianza (95%) del coeficiente angular (a) no incluye el valor cero.

La prueba de correlación serial de Wald-Wolfowitz ($u(r)$) según (Sneyers, 1990) evalúa el carácter aleatorio simple de una serie. El estadístico de la prueba es:

$$u(r) = [(n-1)r + 1] / \sqrt{n-1} \quad (2)$$

donde:

$$r = R / S_2 \quad (3)$$

$$R = S_2 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i' - y_{i+1}')^2}{2} \quad (4)$$

$$S_2 = \sum (y_i')^2 \quad (5)$$

y n es el número de elementos; y_i son los rangos centrados ($=y_i - \bar{y}$) de las observaciones ordenadas de menor a mayor. Para muestras grandes, el estadístico r_s sigue la distribución normal estándar y la probabilidad α_1 , determinada de la $N(0,1)$ es:

$$\alpha_1 = P(u > u(r)) \quad (6)$$

La hipótesis nula de no correlación es rechazada al nivel de significancia α_0 ($\alpha_0 = 0,05$) si $\alpha_1 < \alpha_0$.

La prueba del coeficiente de Spearman (r_s), según Sneyers (1990), determina si hay o no tendencia significativa en una serie temporal.

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum (y_i - i)^2 \quad (7)$$

La distribución nula del estadístico es asintóticamente normal con esperanza (E) y varianza (var), respectivamente:

$$E(r_s) = 0 \quad y \quad var(r_s) = \frac{1}{n-1} \quad (8)$$

El estadístico reducido ($u(r_s)$) sigue la distribución normal estándar:

$$u(r_s) = r_s \sqrt{n-1} \quad (9)$$

y la probabilidad, determinada de la $N(0,1)$ es:

$$\alpha_1 = P(|u| > |u(r_s)|) \quad (10)$$

La hipótesis nula de no tendencia es rechazada al nivel de significancia α_0 ($\alpha_0 = 0,05$), si $\alpha_1 < \alpha_0$. La tendencia es creciente o decreciente si $r_s > 0$ ó $r_s < 0$, respectivamente.

La prueba de Mann-Kendall (Sneyers, 1990), también determina si hay o no tendencia en una serie temporal. Sea y_i el rango de las observaciones ordenadas de menor a mayor. Para cada elemento y_i , se cuenta el número (n_i) de elementos y_j que lo preceden ($i > j$), tal que $y_i > y_j$. El estadístico de la prueba es:

$$t_n = \sum_{i=1}^n n_i \quad (11)$$

La esperanza y la varianza de la distribución nula del estadístico son:

$$E(t_n) = \frac{n(n-1)}{4}, \quad var(t_n) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (12)$$

y la prueba se reduce a:

$$u(t_n) = [t_n - E(t)] / \sqrt{var(t)} \quad (13)$$

El estadístico, sigue la distribución normal estándar. La probabilidad, determinada de la $N(0,1)$ es:

$$\alpha_1 = P(|u| > |u(r_s)|) \quad (14)$$

La hipótesis nula de no tendencia es rechazada al nivel de significancia α_0 ($\alpha_0 = 0,05$), si $\alpha_1 < \alpha_0$. Cuando $u(t_n)$ es significativo, se puede observar una tendencia creciente ($u(t_n) > 0$) o decreciente ($u(t_n) < 0$) de la serie.

El análisis progresivo de la serie por medio del estadístico $V_{i,T}$, localiza el inicio del fenómeno. Para ello, se calcula $V_{i,T}$ sustituyendo $n = i$ en las fórmulas (11), (12), y (13). Igualmente se determina $V_{i,T}$ para la serie inversa. Las series $V_{i,T}$ y $u(t_i)$ son graficadas y, en el caso de una tendencia significativa, la intersección de las curvas localiza aproximadamente el inicio del fenómeno.

La prueba de Pettit (1979), analiza si hay un punto de cambio significativo en la serie. Pettit (1979), emplea una versión de la prueba de dos muestras de Mann-Whitney. Para datos continuos él propone el estadístico:

$$t = 2 - T \quad (15)$$

$$V_{i,T} = \sum_{j=1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (16)$$

donde: $\text{sgn}(x) = 1$ si $x > 0$, $\text{sgn}(x) = 0$ si $x = 0$, $\text{sgn}(x) = -1$ si $x < 0$.

Se calcula $V_{i,T}$ para $1 \leq i \leq T$. El estadístico de la prueba es:

$$k(t) = \text{MAX}_{[1 \leq i \leq T]} |U_{i,T}| \quad (17)$$

El valor-P es calculado aproximadamente por:

$$\text{valor} - P \cong 2 \exp\{-6(k(t))^2 / (T^3 + T^2)\} \quad (18)$$

Según Back (2001), los valores críticos de K pueden ser calculados por la ecuación:

$$K_{crit} = \pm \sqrt{\frac{-\ln(p/2)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (19)$$

CUADRO. Coeficiente angular de la regresión (a) y su intervalo de confianza y estadísticos: correlación serial (r), coeficiente Spearman (s), coeficiente Mann-Kendall (τ) para la precipitación pluvial total anual, período seco y húmedo de Bramón, estado Táchira, Venezuela.

Época	Regresión	Int. Conf. a	Corr. Serial	Coef. Spearman	Coef. Kendall
P. Seco	1,442	(-0,07, 7,09)	0,878	1,763	1,778
P. Húmedo	2,553*	(0,21, 4,90)	1,949	2,221*	2,129*
Total Anual	3,995*	(0,90, 7,09)	1,44	2,207*	2,083*

* Significativo a $\alpha < 0,05$

La prueba de Pettit señala un cambio brusco cuando el valor máximo ($V_{i,T}$) es significativo al nivel crítico de la prueba ($\alpha_0 = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las series de precipitación en estudio (total anual, período seco y período húmedo) no presentaron autocorrelación significativa por la prueba de Wald-Wolfowitz, indicando que son series aleatorias simples; es decir, son series que pueden considerarse homogéneas (ver Cuadro). Sin embargo, Back (2001) concluye que esta prueba (el utilizó la prueba de Run) no es adecuada para identificar tendencias o cambios climáticos.

El análisis de regresión mostró una tendencia de aumento significativa (al 5%) de la PTA, en un orden de aproximadamente 4 mm por año. Cuando consideradas las series de los períodos seco y húmedo se observó que la tendencia de aumento es significativa sólo para el período húmedo (aproximadamente de 2,55 mm por año), según se observa (Figuras 1a, 2a, 3a).

Las pruebas de Spearman y de Mann-Kendall corroboran que existe una tendencia en las series, y estadísticamente significativa solo para el PTA y el período húmedo. Como los estadísticos r y τ son positivos, la tendencia se considera creciente.

Estos resultados muestran que para el caso de algunas localidades de Los Andes, es posible que la tendencia de la precipitación pluvial no sea de disminución, como lo señala Martelo (2004), en su proyección para el 2040, aún cuando este autor menciona que para el caso de Los Andes la situación es incierta.

La prueba secuencial de Mann-Kendall (Sneyers, 1990), mostró una tendencia creciente en las series de PTA, y en los períodos húmedo y seco. (Figuras 1b, 2b y 3b).

La prueba de Pettit, señaló un cambio brusco significativo en el año 1965 para la PTA (Figura 1c), y por la prueba de Mann-Kendall el cambio comenzó en el año 1967, tornándose la tendencia creciente significativa en los períodos 1983-1992 y 2004-2005 (Figura 1b).

Para el período seco, la prueba de Pettit resultó no significativa (Figura 2c) y según la prueba de Mann-Kendall, la tendencia creciente es significativa en períodos muy cortos: 1989-1992 y 1999-2001.

En cuanto al período húmedo, la prueba de Pettit localizó un cambio brusco en el año 1965 (Figura 3c), y la prueba de Mann-Kendall mostró que la tendencia creciente es significativa en los períodos 1983-1992 y 2004-2005 (Figura 3b).

De las Figuras 1, 2, y 3 se observa que la tendencia alterna de valores no significativos a significativos en períodos relativamente cortos, lo que indica que es una tendencia aleatoria (no determinística). Es decir, las series de precipitación pluvial en estudio pueden estar influenciadas por la variabilidad propia del elemento y de otros eventos climatológicos; entre ellos, se mencionan los fenómenos EL Niño y La Niña.

En ese sentido, Lozada (2002) encontró que en los años de ocurrencia del fenómeno El Niño la precipitación del período seco de Bramón es afectada negativamente, pero en los años del fenómeno La Niña el efecto es positivo sin ser estadísticamente significativo. Se observó que el período de tendencia significativa de 1989, coincide con un evento La Niña fuerte que inició en el año 1988, igualmente en el período 1999-2001 se presentó un evento La Niña. Esto refuerza la idea de que el cambio en la precipitación sea apenas una oscilación natural, no necesariamente asociada a cambios definitivos del patrón de precipitación de Bramón.

Según Aoyade (1996), citado por Back (2001), variaciones en períodos relativamente cortos (de 30 a 35 años), podrían considerarse propias de la variabilidad y no necesariamente asociadas a un cambio permanente en el patrón de precipitación de la región.

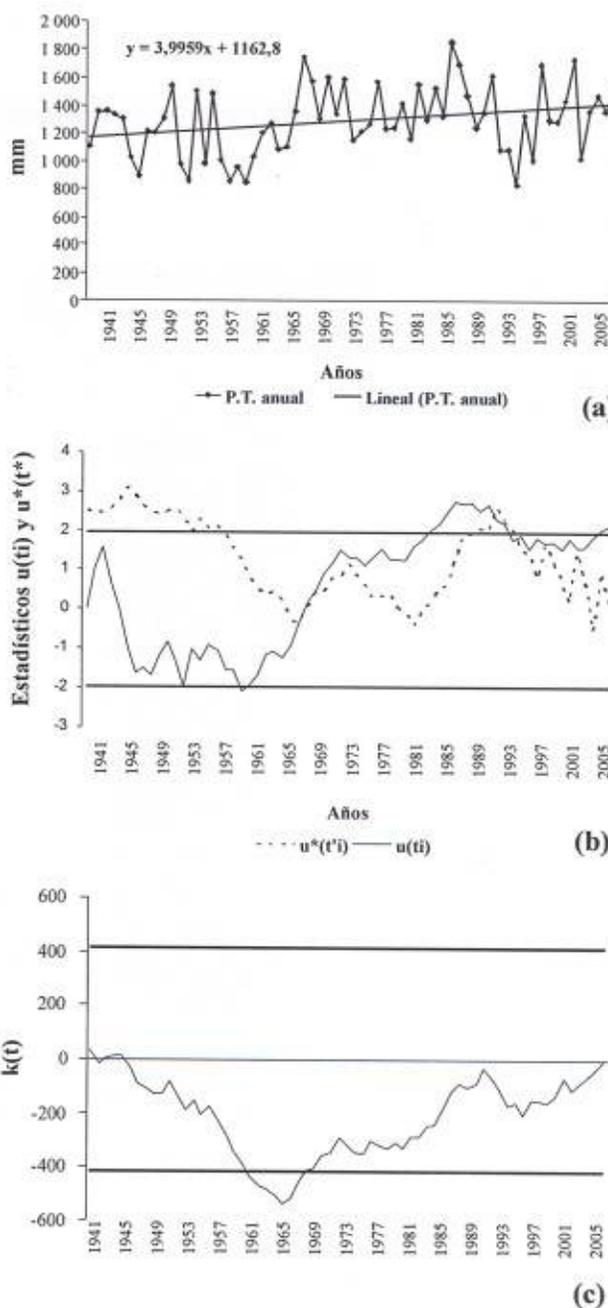


FIGURA 1. Precipitación total anual (PTA). (a) Regresión lineal, (b) estadísticos $u^*(t)$, de la prueba de Mann-Kendall, (c) Estadístico $k(t)$ de la prueba de Pettit. Las líneas horizontales representan el intervalo de confianza de 95%.

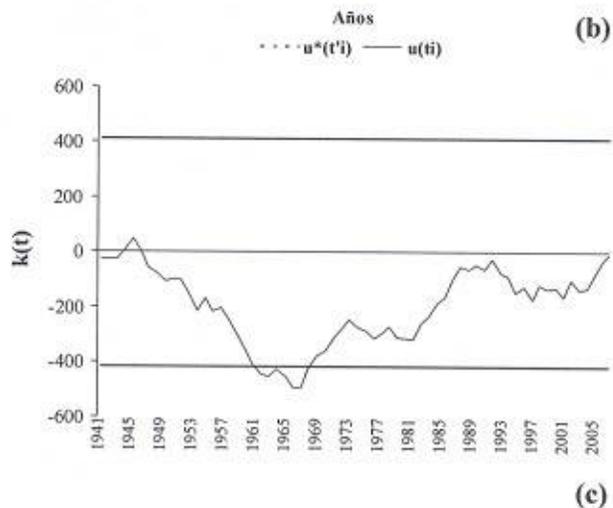
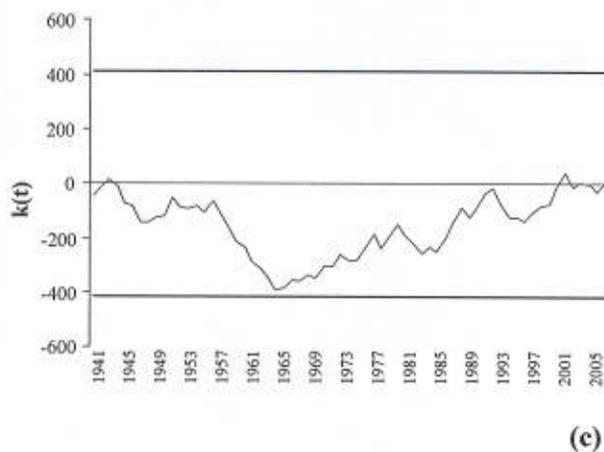
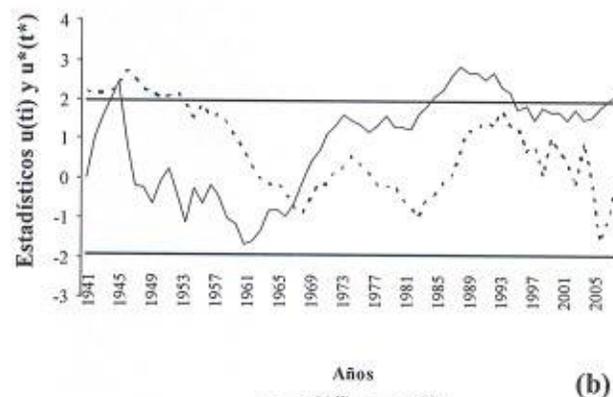
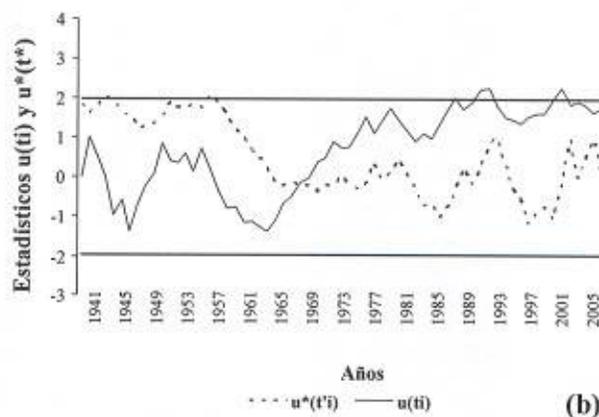
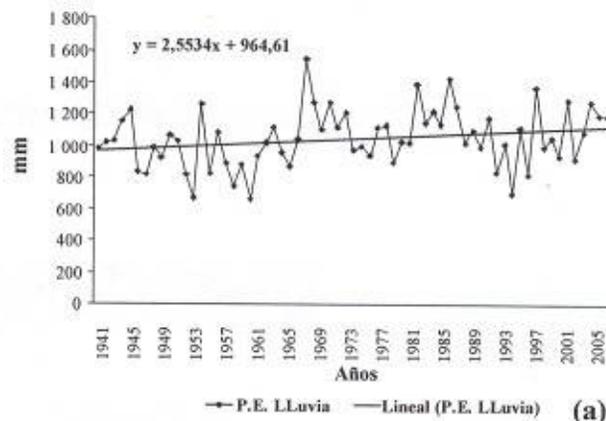
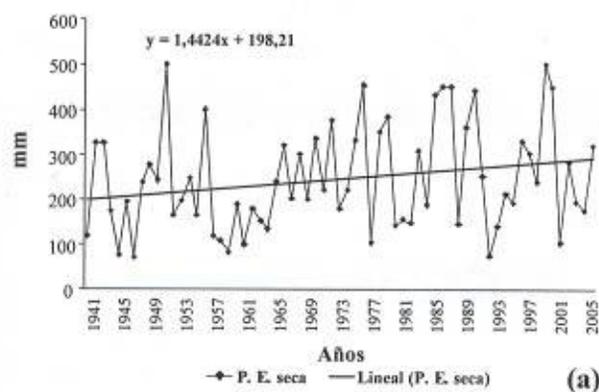


FIGURA 2. Precipitación época seca (P.E. seca). (a) Regresión lineal, (b) estadísticos $u^*(t)$, $u(t)$ de la prueba de Mann-Kendall, (c) Estadístico $k(t)$ de la prueba de Pettit. Las líneas horizontales representan el intervalo de confianza de 95%.

FIGURA 3. Precipitación época de lluvia (P.E. Lluvia). (a) regresión lineal, (b) estadísticos $u^*(t)$, $u(t)$, de la prueba de Mann-Kendall, (c) Estadístico $k(t)$ de la prueba de Pettit. Las líneas horizontales representan el intervalo de confianza de 95%.

El incremento de la precipitación pluvial durante el período seco podría generar efectos diversos sobre la actividad agrícola de la región, afectar el desarrollo de cultivos como el café que requieren de un período seco para entrar en reposo o favorecer la incidencia o severidad de enfermedades en cultivos hortícolas. Para el caso del período húmedo, podría traer consecuencias positivas dependiendo de su distribución y características, y negativas relacionadas con la mayor incidencia de enfermedades, caída de flores, reducción o pérdidas en las cosechas por retraso en la salida de las lluvias.

CONCLUSIONES

- Se identificó una tendencia creciente estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$) de la PTA, y período húmedo en el lapso bajo estudio.
- Se localizó un cambio brusco significativo ($\alpha = 0,05$) en la precipitación total y período húmedo en el año 1965.
- La tendencia identificada es aleatoria (no determinística)

BIBLIOGRAFÍA

- Córdova S., K. 2003. Impacto socio-ambiental de la variabilidad climática. Las Sequías en Venezuela. Acceso en: <http://clima.ecoportal.net/content/view/full/21539>
- Back, A. J. 2001. Aplicação de análise estatística para identificação de tendencia climática. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36(5):717-726.
- Lozada, B. I. 2002. Estudios de influencia de los fenómenos EL NIÑO y LA NIÑA en la precipitación de la región centro-occidental de Venezuela, *Rev. Brasileira de Agrometeorología*, 10(2):317-322.
- Martelo, T. 2004. Consecuencias ambientales generales del cambio climático en Venezuela. **In:** Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela., Caracas, MARN.

Massmann, V., A. Castro y L. Sánchez, 2004. Análisis de la tendencia de las precipitaciones en los meses de febrero, marzo y abril en el territorio peninsular de España. **In:** XXVIII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española. Universidad de Extremadura, Badajoz, 11 al 13 /02 / 2004. Acceso en: <http://www.ameweb.org/JORNADAS/masssman.pdf>.

Pellegrino, G. 2001. Análise espaço-temporal de componentes hidroclimáticos na bacia do rio Piracicaba, SP. *Rev. Bras. Agrometeorologia*, 9(1):125-135

Pettit A. N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl. Statist.*, 28(2):126-135.

Sneyers, R. 1990. On the statistical analysis de series de observations. Geneva. WMO. 192 p. Note technical N° 143.

***Spalangia drosophilae* ASHMEAD (HYMENOPTERA: PTEROMALIDAE) PARASITOIDE DE PUPAS DE LA MOSCA DE LA PIÑA *Melanoloma viatrix* HENDEL (DÍPTERA: RICHARDIIDAE) EN TRUJILLO, VENEZUELA**

***Spalangia drosophilae* ASHMEAD (HYMENOPTERA: PTEROMALIDAE) PARASITIC OF PUPAS OF THE FLY OF FRAGMENTATION *Melanoloma viatrix* HENDEL (DÍPTERA: RICHARDIIDAE) IN TRUJILLO, VENEZUELA**

Rafael Montilla*, José Luis García, Luis Lacruz* y Darío Durán***

*Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). INIA Trujillo. Apdo 395. Pampanito, estado Trujillo. E-mail: rmontilla@inia.gob.ve

**Profesor. Universidad Simón Rodríguez. Museo del Instituto de Zoología Agrícola Francisco Fernández Yépez (MIZA). Apdo. 4579. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: joseluisg61@cantv.net

RESUMEN

El cultivo de la piña, *Ananas comosus* L., representa la principal fuente de ingreso para 1 800 familias trujillanas que se dedican a esta labor, además es fuente generadora de empleos directos e indirectos en la cadena agroproductiva. Trujillo es considerado como el segundo estado productor a nivel nacional. Desde su descubrimiento en 1998, la mosca de la piña *Melanoloma viatrix* Hendel (Díptera: Richardiidae), se ha encontrado causando daños en el cultivo, afectando seriamente su producción y comercialización. Dentro de los objetivos de investigación del INIA-Trujillo, para el manejo integrado de esta mosca, se planteó la búsqueda de enemigos naturales. En noviembre de 2005, se realizaron colectas de frutos infestados, de los cuales se extrajeron larvas del último instar de la mosca, que fueron colocadas en cámaras de pupación, contenedoras de un sustrato esterilizado aserrín-arena (1:1) previamente humedecido, posteriormente las pupas fueron expuestas a condiciones ambientales en los alrededores del laboratorio (25 °C, 60% HR), durante tres días consecutivos para la parasitación, luego las pupas fueron individualizadas en el laboratorio, para la emergencia. Entre los resultados obtenidos, se señala la presencia en Venezuela de un potencial parasitoide de pupas de *M. viatrix*, identificado como *Spalangia drosophilae* Ashmead (Hymenoptera: Pteromalidae). Se ofrece breve información sobre su parasitismo, así como fotografías.

Palabras Clave: *Ananas comosus*; control biológico; *Melanoloma viatrix*; parasitoide; *Spalangia drosophilae*; Venezuela.

SUMMARY

The cultivation of pineapple, *Ananas comosus* L., represents the main source of income for 1800 families trujillanas that are dedicated to this work. Moreover, this activity is source of direct and indirect jobs in the productive chain. At a national level Trujillo is considered as the second state in producing this crop. Since its detection in 1998, the fly of the pineapple *Melanoloma viatrix* Hendel (Diptera: Richardiidae), has been found causing damages in this crop, affecting seriously the production and commercialization. Among the objectives of investigation of the INIA-Trujillo, for the integral management of this problem, search for natural enemies of the *Melanoloma viatrix* is one of the most important. In August of 2005, larvae of the fly were extracted from a collection of infested fruits, and placed in chambers until the pupa state: into the chambers there was a sterilized and moisted substrate of sawdust and sand (1:1). After the pupas were obtained, these were exposed during three consecutive days, to natural environmental conditions in the neighborhood of the laboratory (25°C, 60% RH), to allow parasitization. After that, the pupas were individually store in the laboratory until emerging. Among the results, we found that there is a potential parasitoid of pupas of *M. viatrix*, identified as *Spalangia drosophilae* Ashmead (Hymenoptera: Pteromalidae). A brief information of its parasitism is offered, as well as some photographs.

Key Words: *Ananas comosus*; biological control; *Melanoloma viatrix*; parasitoid, *Spalangia drosophilae*; Venezuela.

RECIBIDO: septiembre 06, 2006

APROBADO: marzo 28, 2007

INTRODUCCIÓN

El género *Spalangia* (Hymenoptera: Pteromalidae) ha sido señalado como un parasitoide pupa-pupa de diferentes familias de Díptera (Calliphoridae, Sarcophagidae, Drosophilidae, Chloropidae), en especial de la familia Muscidae (Greene *et al.*, 1989; Marchiori *et al.*, 2000; García y Montilla, 2001; Menezes *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2004).

Aspectos sobre diversidad y biología de algunas especies de *Spalangia* han sido bastante estudiadas. Marchiori *et al.* (2002) estudiando la diversidad de parasitoides de pupas de moscas, extraídas de heces frescas de ganado bovino, encontraron que *Spalangia drosophilae* fue una de las especies parasíticas más frecuentemente hallada. Este mismo parasitoide fue encontrado por Gibson y Floate (2004) parasitando pupas de *Stomoxys calcitrans* Linnaeus y *Musca domestica* Linnaeus. Sivinski *et al.* (1998) compara aspectos biológicos de los parasitoides pupales *Coptera haywardi* Loíacono, *S. geminae* Boucek y *Dirhinus himalayanus* Westwood. King (2001) estudió el sitio de preferencia para la oviposición de *S. endius* Walker sobre *M. domestica*, indicando que el parasitoide, parásita tanto pupas jóvenes como viejas de la mosca y que el sitio de oviposición difiere con la edad. LaRossa (2002) compara el incremento poblacional potencial de *S. endius* con el de *S. geminae* y *S. cameroni* Perkins, destacando su alto potencial reproductivo.

Especies de este género son consideradas como alternativas en programas de control biológico de moscas perjudiciales al hombre y a la producción animal. Weinzierl y Jones (1998) realizan liberaciones de *S. nigroaenea* Curtis y *Muscidifurax raptor* Girault y Saunders, resaltando el papel del primer parasitoide nombrado, en la reducción de la población de la mosca de los establos (*S. calcitrans*) y de la mosca doméstica, señalando además, que esta reducción está en función de las condiciones de sanidad en que se encuentran los animales y el clima de la zona.

En Venezuela, García y Montilla (2001) encontraron tres géneros diferentes de parasitoides pupales de *Anastrepha* spp., entre los que se cuenta a *S. geminae*. Peraza (2004) determinó el ciclo de vida de *S. cameroni* en condiciones de laboratorio, señalando que una hembra coloca un huevo por pupa, alcanzando un promedio de 130 huevos desde su emer-

gencia hasta su muerte y que a 3 cm de profundidad en el sustrato de pupación, el porcentaje de parasitismo fue del 93%.

El cultivo de la piña es de gran importancia para el estado Trujillo debido a la gran cantidad de familias involucradas que derivan su sustento de dicho cultivo, además de los empleos que se generan en toda la cadena agroproductiva. En 1998 se detecta la presencia de *Melanoloma viatrix* (Díptera: Richardiidae) como nueva plaga de la piña (*Ananas comosus* Linnaeus) en los estados Táchira y Trujillo (Giraldo *et al.*, 2000); en ese mismo año se señala en el estado Carabobo (Boscán *et al.*, 2000). Sus larvas se observaron causando galerías en el fruto, conduciendo a la pudrición de la pulpa y a las consecuentes alteraciones de coloración externa, que al final dificultan el proceso de comercialización. Aspectos sobre la biología y descripciones de la larva y de los adultos de la mosca, pueden ser revisadas en Arévalo y Osorio (1995), ICA (1996) y en Boscán *et al.* (2000).

En vista de la importancia social, económica y cultural, que la presencia de dicha mosca ejerce sobre el cultivo de la piña en el estado Trujillo, la sección de protección vegetal de la Estación Experimental del INIA en la entidad, ha venido trabajando desde el mismo año de su descubrimiento, en opciones de control compatibles con el entorno sociocultural y ambiental del sistema piñero. Entre los objetivos planteados en las acciones de investigación, está la determinación de enemigos naturales, depredadores y parasitoides de *M. viatrix*, de forma tal de obtener información base para futuros ensayos con posibles controladores biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el mes de noviembre de 2005, época en que hay abundancia de frutos de piña en el estado, se colectaron cinco frutos con síntomas de ataque de *M. viatrix*, de la localidad de "La Betico", 624 m.s.n.m., municipio Pampanito del estado Trujillo. Los frutos fueron llevados al laboratorio de la estación del INIA-Trujillo y colocados en jaulas de emergencia, sobre una bandeja con un sustrato de aserrín, hasta su descomposición. El sustrato era cambiado cuando se observara su excesiva humedad, producto de los jugos provenientes de la maduración de los mismos.

Una vez alcanzada la descomposición, aproximadamente tres semanas después de la colecta, los frutos fueron cortados en varios trozos y revisados cuidadosamente; las larvas de la mosca que alcanzaran su último instar, fueron extraídas utilizando pinzas suaves y colocadas en cámaras diseñadas para la obtención de pupas, constituidas por envases plásticos de 250 cc, con tapa con orificio de aireación de 3 cm de diámetro y cubierto con "tela dopiobello" para la aireación; en el fondo se colocó aserrín esterilizado y libre de sustancias químicas, el cual era humedecido cuando la ocasión lo ameritara, las observaciones se realizaron cada dos días hasta la pupación. Aquellas larvas que no alcanzaron el último instar fueron descartadas.

Las pupas eran colectadas y colocadas en otro pote plástico semejante al descrito anteriormente y en el mismo sustrato. Estos envases contenedores de las pupas fueron expuestos a condiciones ambientales (25 °C, 60% HR) sin tapa y sobre un mesón de madera, en un huerto adyacente al laboratorio del INIA-Trujillo (450 m.s.n.m.), con el fin de exponerlas a la parasitización de parasitoides (pupa-pupa), durante 3 días consecutivos. Posteriormente las pupas eran individualizadas en envases plásticos transparentes de 15 cc, con orificio de aireación de 1 cm de diámetro, contenido del mismo sustrato de pupación, hasta la emergencia de los adultos de la mosca o del parasitoide. El material colectado fue montado y etiquetado para su identificación o preservados en alcohol al 70% en viales de vidrio.

Las fotografías fueron tomadas utilizando una cámara digital de 3,5 megapixels acoplada al ocular de la lupa estereoscópica (Figuras 1, 2, 3). Los parasitoides emergidos fueron identificados utilizando la clave familias y géneros de Chalcidoidea de Gibson *et al.* (1997) y una clave ilustrada para especies de Legner (2006) y comparados con ejemplares tipo, depositados en el museo de insectos (MIZA) de la Universidad Central de Venezuela (UCV), en Maracay, estado Aragua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es preciso señalar que las especies de *Spalangia* se encuentran en una multitud de hábitat y generalmente son parasitoides entomófagos pupa-pupa, por lo que

las fases larvales no se registran como hospederos en trabajos científicos. Los adultos de *Spalangia* se reconocen porque, la venación alar es incompleta, con la vena marginal aproximadamente 10 veces tan larga como la vena estigmal, la antena esta situada en el margen frontal de la cabeza, el primer segmento del flagelo antenal es más largo que los dos segmentos siguientes combinados, hay menos de 14 segmentos en el funículo. El disco pronotal con gruesas punteaduras con interespacios lisos. Los caracteres diagnósticos que permiten reconocer a *S. drosophilae* dentro del grupo son: línea ocelar y surco malar claramente distinguibles; collar pronotal liso; propodeo en vista dorsal, con dos líneas de punteaduras gruesas que se proyectan posteriormente y se unen en la mitad del segmento formando una "Y" (Figura 3); el pecíolo es gruesamente rugoso tanto dorsal como ventralmente.

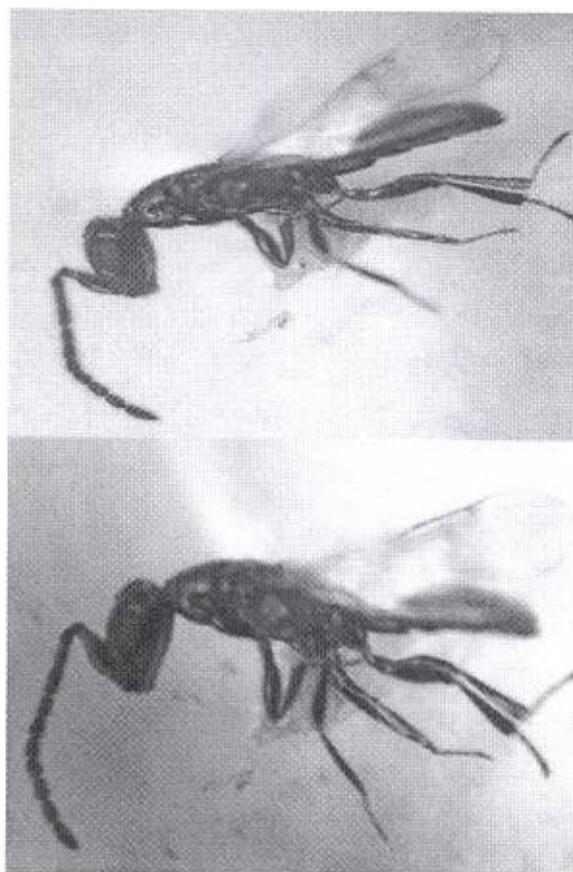


FIGURA 1. Vista lateral, adulto de *Spalangia drosophilae*.



FIGURA 2. Vista dorsal, adulto de *Spalangia drosophilae*.



FIGURA 3. Vista dorsal, adulto de *Spalangia drosophilae* mostrando punteaduras en forma de "Y".

Uno de los aspectos en la búsqueda de insectos parasitoides de moscas que atacan frutales, se presenta en aquellos parasitoides que atacan fases pupales, debido a que generalmente los estados inmaduros de dichas moscas, al alcanzar el último instar, se salen de los frutos en estado avanzado de madurez y caen al suelo, donde se entierran entre los primeros 15 cm, de allí que su colecta en campo sea difícil. En este sentido en los sistemas de cría se debe esperar a que las larvas de la mosca pupen, para luego exponerlas al ambiente natural y así lograr capturar parasitoides de este tipo.

De los frutos de piña atacados por la mosca, traídos del campo y procesados en laboratorio, se colectaron 198 larvas, de las cuales puparon 48 individuos, de estos emergieron 43 adultos de la mosca y 5 adultos de un parasitoide, el mismo fue identificado como *Spalangia drosophilae* Ahsmead (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae). Tal como se observa en las Figuras. 1, 2, 3, 4, el porcentaje de parasitismo obtenido fue bastante bajo 10,42 %, atribuido al poco tiempo de exposición en el huerto. La existencia de otros parasitoides como los larva-pupa, no se presentaron en esta fase de búsqueda de enemigos naturales.

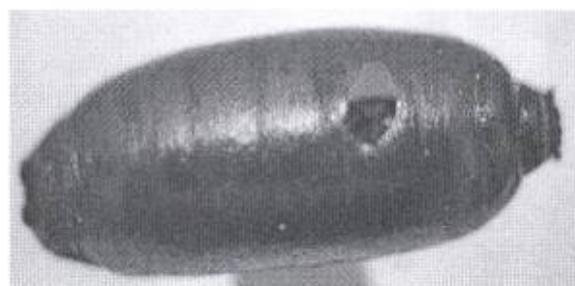


FIGURA 4. Pupa de *M. viatrix* mostrando orificio de salida de *Spalangia drosophilae*.

La presencia de este parasitoide sobre pupas de la mosca *M. viatrix*, constituye el primer trabajo en Venezuela de asociación parasítica, así como de la presencia del parasitoide en general en el país.

Sin duda que estudios sobre la biología de este parasitoide, así como de la asociación con *M. viatrix*, cría en masa, liberaciones y parasitismo en campo, se plantean como nuevos trabajos de investigación a seguir.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer la asistencia prestada por el Prof. Jesús Camacho, curador del Museo de Artrópodos de La Universidad del Zulia (MALUZ), en la confirmación de la identificación del parasitoide señalado en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, E. y M. Osorio. 1995. Consideraciones generales sobre *Melanoloma viatrix* Hendel, una nueva plaga de la piña. *Revista Colombiana de Entomología*, 21(1):1-8.
- Boscán, N., C. Rosales y F. Godoy. 2000. La mosca del fruto de la piña *Melanoloma viatrix* (Díptera: Richardiidae), nuevo insecto plaga en Venezuela. *Agronomía Tropical*. 50(1):135-140.
- García, J. y R. Montilla. 2001. *Coptera haywardi* Loíacono (Hymenoptera: Diapriidae) parasitoides de pupas de *Anastrepha* spp. (Díptera: Tephritidae) en Venezuela. *Entomotropica*, vol. 16(3):191-195.
- Gibson, G. and K. Floate. 2004. Filth fly parasitoids on dairy farms in Ontario and Quebec, Canada. *The Canadian Entomologist*, 136:407-417. Consulta en Línea: <http://www.canacoll.org/Hym/Staff/Gibson/ontariosurvey.pdf>. 01/04/2006.
- Gibson, G., J. Huber and J. Wooley. 1997. Annotated keys to the genera of nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NCR Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 794 p.
- Giraldo, H., S. Roa, A. Vargas, C. Yáñez, P. Bautista, I. Gómez, M. González, C. Alvarado, B. Camacho y A. Medina. 2000. Presencia de la mosca de la piña *Melanoloma viatrix* Hendel (Díptera: Richardiidae), en los andes venezolanos. **In:** VII Congreso Nacional de frutales – UNET. Memorias. San Cristóbal, Venezuela. Octubre 2000. 164 p.
- Greene, G., J. Hogsette and R. Patterson. 1989. Parasites that attack stable fly and house fly (Diptera: Muscidae) puparia during the winter on dairies in northwestern Florida. *J. Econ. Entomol.* 82(2):412-415.
- Hernández, B., C. Cruz, A. González, C. Perales y L. Martínez. 2004. Parasitoides de pupas (Hymenoptera: Pteromalidae) de moscas (Diptera: Muscidae) asociadas al estiércol de ganado lechero en Aguas Calientes, México. *Folia Entomol. Mex.* 43(1):9-15.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1996. Control de enfermedades y plagas en la piña. R. Salazar y A. García (comp.). División de Sanidad Vegetal. Unidad de proyectos de prevención. Bogotá, Colombia. *Boletín de Sanidad Vegetal* 09:63-71.
- King, B. 2001. Parasitization site on the host of the parasitoid wasp *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environ. Entomol.* 30 (2):346-349.
- Larossa, F., D. Crespo and R. Lecuana. 2002. Population parameters of *Spalangia endius* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) on pupae of *Musca domestica* (L) (Diptera: Muscidae). *Neotropical Entomology*, 31(4):597-600.
- Legner, E. F. (S/F). Biological-integrated pest control & insect identification: Key to adults of principal parasitoids of synanthropic diptera breeding in decomposing organic wastes. Consulta en línea: <http://faculty.ucr.edu/~legnerref/bc.htm>. 01/08/06.
- Marchiori, C., E. Caldas ex K. Dias. 2002. Parasitoides de Díptera coletados em fezes bovinas em varios tempos de exposição em Itumbiara, Goiás, Brazil. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.69, n.2, p. 37-42, abr/jun. Consulta en Línea: http://www.biologico.sp.gov.br/ARQUIVOS/v69_2/marchiori.pdf. 01/04/2006.
- Marchiori, C., A. Oliveira ex A. Linhares. 2000. Espécies de *Spalangia* (Hymenoptera: Pteromalidae: Spalanginae) em fezes bovinas como parasitoides pupais de dípteros muscóides em Goiás State, Brazil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, vol52. n.4. Belo horizonte. Consulta en línea: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci>. 01/03/2006.
- Menezes, E., E. B. Menezes and M. Loíacono. 2003. First record of *Coptera haywardi* Loíacono (Hymenoptera: Diapriidae) as a parasitoid of fruit-infesting Tephritidae (Díptera) in Brazil. *Neotropical entomology*, 32(2):355-358.

- Peraza, M. 2004. Biología de *Spalangia cameroni* Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitoide de la mosca domestica *Musca domestica* (L) (Diptera: Muscidae). Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Mérida, Venezuela Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado" UCLA. 613 p. Consulta en línea: <http://bibagr.ucla.edu.ve/cgi-win/be>. 01/03/2006.
- Sivinski, J., K. Vulinec, E. Menezes and M. Aluja. 1998. The bionomics of *Coptera haywardi* (Oglobin) (Hymenoptera: Diapriidae) and other pupal parasitoids of Tephritidae fruit flies (Diptera). *Biological Control*, 11:193-202.
- Weinzierl, R. and C. Jones. 1998. Releases of *Spalangia nigroaenea* and *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) increase of parasitism and total mortality of stable fly and house fly (Diptera: Muscidae) pupae in Illinois cattle feedlots. *J. Econ. Entomol.* 91(5):1 114-1 121.

CONTENIDO ESTIMADO DE NPK EN EL FOLLAJE REMOVIDO POR LA PODA EN MANGO SEMBRADO EN ALTA DENSIDAD

ESTIMATED AMOUNT OF N, P AND K REMOVED FROM PRUNING OF MANGO SOWED A HIGH DENSITY

Luis Avilán*, L. Horci Escalante**, Carlos Marín R.***, Enio Soto*, Mercedes Pérez*,
Margot Rodríguez*** y José Ruíz***

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

RESUMEN

En un huerto de 10 años con los cultivares de mango, *Mangifera indica* L., específicamente Haden, Edward, Tommy Atkins y Springfels, en alta densidad de población (278 pl ha⁻¹) sometido desde el quinto año al inicio de cada ciclo anual a: Poda (PD) corte de la parte superior de la copa a 2 m de altura del suelo (Topping); PD + aplicación del controlador de crecimiento Paclobutrazol (PD + PBZ); PD + entresaque de 1-2 ramas principales desde el punto de inserción (PD+E); y PD + corte de las ramas laterales en un radio de 1,8 m del tronco (PD+L); se estimó la magnitud de nitrógeno, fósforo y potasio extraído por la remoción de ramas, brotes y hojas. Las variables estudiadas fueron: incremento anual del volumen de copa (IVC), peso de la materia verde y seca, y los nutrimentos extraídos. Los más altos IVC correspondieron a PD+L y Haden, respectivamente la mayor intensidad de poda y vigor vegetativo (VV). Del material removido las hojas y las ramas gruesas representaron en promedio el 52,6% y 40,1%, respectivamente, y los brotes el 7,5%. Por kg de materia seca removida se extrajeron (g kg⁻¹): Ramas gruesas 3,7 de N; 1,3 de P y 1,7 de K; Brotes 6,4 de N; 1,7 de P y 13,8 de K; y Hojas 14,2 de N; 1,4 de P y 9,9 de K. Los NPK removidos por PD+L y PD en relación con los aplicados al inicio del ciclo representaron, del 21% al 24% para N y K, y del 30 al 35% para P, respectivamente. La extracción de NPK por Haden caracterizado por su alto VV fue 13% superior al Tommy Atkins, de VV intermedio. En la implementación de la fertilización por restitución se deben realizar ajustes en los niveles de aplicación, en función a la intensidad de la poda y del VV del cultivar.

Palabras Clave: *Mangifera indica*; alta densidad; poda; extracción NPK.

SUMMARY

In a ten years old orchard of mango (cultivars Haden, Edward, Springfels and Tommy Atkins), planted at high density (278 pl ha⁻¹), where different pruning treatment (Pruning (PD) cut of the superior part at 2m height from the soil (topping); PD + the application of the grow retardant paclobutrazol (PD + PBZ), PD + lateral branches pruning at the beginning of the fifth year of 1-2 internal primary branches from the base to the insertion point (PD + E), and PD + cut of lateral branches in a 1.8 m ratio from the trunk, (P+L)) were applied at the beginning of the cycle, we measured the amount of N, P and K removed in branches, sprouting and leaves. We also measured the annual increment of the volume of the canopy (IVC), and dry and fresh matter. The highest IVC was observed at the PD + L treatment for the Haden variety. The leaves and branches represented, in average, 52.6% and 40.1% respectively of the removed material, while the buds 7.5%. The concentration (g kg⁻¹) of N, P, and K in removed materials was 3.7, 1.3 and 1.7 in thick branches, 6.4, 1.7 and 13.8 in buds, and 14.2, 1.4, and 9.9 in leaves. The amount of N, P, and K removed by PD + L and PD represented about 21 to 24 % of N and K, and between 30 and 35% of P applied at the beginning of the cycle. The extraction of N, P, and K by Haden, characterized by high vegetative vigor, was 13% greater than the amount extracted by Tommy Atkins, with an intermediate vegetative vigor. Adjustment in the levels of fertilization by restitution must be done in function of the pruning intensity and vegetative vigor of the cultivars.

Key Words: *Mangifera indica* L.; high density; pruning; extraction NPK.

RECIBIDO: junio 28, 2005

APROBADO: febrero 14, 2007

INTRODUCCIÓN

El análisis de las perspectivas de la demanda en el mercado internacional de las principales frutas frescas tropicales, entre las cuales destaca el mango, *Mangifera indica* L., 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). Desde el año 1984, Venezuela realiza exportaciones, alcanzando para 1999 el orden de las 5 mil toneladas, especialmente, hacia países de la Unión Europea (MPC, 2000). Sin embargo, el bajo nivel de producción promedio de 12 a 15 t ha⁻¹ cuando las plantaciones alcanzan los 12 a 14 años de edad, que representa el 50% de los obtenidos en otras regiones productoras (Díaz, 1996) será un factor que a corto o mediano plazo limitará su permanencia y competitividad en los mercados.

Los cambios en el manejo del cultivo para elevar la producción, como el empleo de altas densidades de población, implica la introducción de técnicas como la poda, anillado, aplicación de retardadores de crecimiento y promotores de la floración, orientadas en su conjunto, al control de las dimensiones de la planta para disminuir la competencia de luz por efecto del auto sombreado y de las plantas adyacentes, y así favorecer el proceso productivo. La aplicación de estas técnicas, de manera aislada o combinada en diferentes marcos de plantación y cultivares, han incrementado significativamente los rendimientos, sin afectar la calidad de los frutos (Charnvichit *et al.*, 1991; Medina-Urrutia, 1994; Díaz, 1996; Crane *et al.*, 1997; Campbell y Wasielewski, 2000; Avilán *et al.*, 2005)

Las técnicas introducidas conllevan a que el manejo agronómico tradicional debe ser objeto de ajustes y/o modificaciones y en especial de los planes de fertilización del cultivo. El mango pertenece al tipo de planta, donde es frecuente que medidas que estimulen el crecimiento como la poda, lo hagan a expensas de la floración y fructificación (Cull, 1991). Los brotes podados en relación con los no podados se caracterizan por presentar diferencias significativas en cuanto a mayor número de flujos, longitud total, número de hojas y número de brotes por flujo (Avilán *et al.*, 2000). La poda implica una remoción parcial y periódica del follaje de la planta, y en consecuencia, de una parte de las reservas alimenticias. Después

de la poda la planta trata de restituir el balance que existía entre la parte aérea y radical, y la emisión de nuevos brotes disminuye las reservas, particularmente de carbohidratos almacenadas en las partes remanentes del árbol, indispensables para procesos importantes como la floración y la generación de frutos del próximo ciclo anual de producción (CAP; Mika, 1986; Charnvichit *et al.*, 1991).

Los patrones de acumulación y distribución estacional de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el árbol de mango en el momento de la cosecha, indicaron la ocurrencia de altas concentraciones de nitrógeno en las hojas, fósforo y potasio en la corteza, calcio en las hojas y la corteza, y del magnesio en las hojas jóvenes, raíces y la corteza (Stassen *et al.*, 2000). El nitrógeno contenido en las hojas representó el 40%, mientras el de las raíces el 13% del total contenido en el árbol. Feigenbaum *et al.* (1987) y Primo y Legaz (1983) en cítricos empleando el isótopo ¹⁵N determinaron que más del 70% del nitrógeno que llega a los nuevos órganos procede de las reservas acumuladas en el ciclo anterior en diversos órganos, mientras que sólo el 30% procede de lo absorbido del suelo durante los meses anteriores.

Los trabajos de nutrición y fertilización del cultivo son escasos (Samra y Arora, 1997) y los resultados experimentales en el país (Avilán, 1974; Sergent *et al.*, 1993) y en otras regiones del mundo (Young *et al.*, 1974; Barbery *et al.*, 1975; Vega y Molina, 1999) han encontrado un incremento sostenido de la producción con la aplicación de nitrógeno; sin embargo, en exceso favorece el desarrollo vegetativo en detrimento de la producción (Cull, 1991). Los planes de fertilización utilizando como criterio la "Fertilización por restitución" constituyen una alternativa para solventar esta situación y están orientados al suministro de nutrimentos para satisfacer las necesidades para un nuevo CP (Avilán, 1998) pero no contemplan en su formulación la pérdida parcial de las reservas del árbol originada por la eliminación de parte del follaje como consecuencia del empleo de la poda.

En el trabajo se presenta una estimación de los nutrimentos NPK extraídos por el follaje removido por la aplicación de diferentes intensidades de poda sobre cultivares de diferente vigor vegetativo (VV),

en un huerto de diez años de edad, en alta densidad de población (278 pl.ha⁻¹), abonado siguiendo el Plan de Fertilización por restitución basado en el comportamiento o ciclo de vida productivo del mango observado en el trópico (Avilán, 1998, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en árboles de diez años de edad de los cultivares Haden, Edward, Tommy Atkins y Springfels caracterizados respectivamente por alto, intermedios y bajo VV (Campbell, 1992; Avilán *et al.*, 2002), distanciados a 6 metros entre sí (278 pl ha⁻¹) sometido desde los 5 años de edad anualmente a poda (PD) utilizando diferentes tipos (TPD): PD corte de la parte superior de la copa a 2 m de altura del suelo (Topping); PD + aplicación del retardador de crecimiento Paclobutrazol (PD + PBZ); PD + entresaque al inicio del 5^o año de 1-2 ramas principales desde la base o punto de inserción (PD+E); y PD + corte de las ramas laterales en un radio de 1,8 m del tronco (PD+L). La parcela experimental estuvo constituida por 2 árboles.

Las parcelas fueron distribuidas dentro de un diseño totalmente aleatorizado, sobre el cual se dispuso un arreglo factorial 4x4 (intensidades de poda y cultivares). Las variables evaluadas fueron: el incremento anual del volumen de copa (IVC), el peso de la materia verde (PMV) y seca (PMS) removida por la poda correspondiente a un CAP.

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

Un CAP se inicia en el mes de julio y culmina en junio del siguiente año; y el IVC fue calculado por la diferencia entre el volumen inicial de la copa del árbol conferido por la poda al inicio de cada CAP, y el volumen final alcanzado cuando se efectuó la cosecha ($IVC = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$), empleando la ecuación:

$(4/3)\pi r^2(1/2)h$ donde h es la altura de la planta y r el radio de la copa.

La materia verde removida por la poda luego de establecer su peso, fue diferenciada en: ramas gruesas (> 2 cm de diámetro), ramas delgadas y/o brotes nuevos (< 2 cm de diámetro) y hojas; y el peso correspondiente determinado. Posteriormente en las ramas gruesas se efectuó la separación de sus componentes, madera y corteza, y se estableció el peso de las mismas.

En muestras representativas de las partes diferenciadas por tratamiento, fue determinado el porcentaje de humedad en una estufa a 65 a 70 °C, hasta peso constante, y se calculó el PMS. Para la estimación de los nutrimentos extraídos por el material removido se tomaron como base las concentraciones de los elementos en las diferentes partes (Cuadro 1) determinadas por Stassen *et al.* (2000) en el momento de la cosecha.

CUADRO 1. Concentración (g.kg⁻¹) de nitrógeno, fósforo y potasio, en las diferentes partes removidas por la poda (Stassen *et al.*, 2000) al momento de la cosecha.

Elemento	Madera	Corteza	Brotes	Hojas ¹
Nitrógeno	3,40	4,80	6,40	14,20
Fósforo	1,00	2,50	1,70	1,40
Potasio	4,90	15,20	13,80	9,90

Hojas¹ = Promedio de las concentraciones para hojas viejas y nuevas.

Los árboles fueron abonados empleando 908 g de nitrógeno, 225 g de P₂O₅ y 1 090 g de K₂O respectivamente por planta, tomando como base las dosis recomendadas para satisfacer 2/3 de la demanda total de NPK para un árbol de 10 años de edad y una producción de frutos estimada de 220 kg planta⁻¹, de acuerdo con el Plan de Fertilización por restitución (Avilán, 1998 y 1999).

Las dosis de fósforo y potasio aplicadas fueron un 1/2 y el total, respectivamente, de las recomendadas por el Plan al ser ajustadas con los resultados de los análisis químicos de las muestras de suelo recolectadas en el huerto. Los análisis reflejaron, empleando la solución extractora de Olsen, una disponibilidad media (20 ppm) y baja (30 ppm), respectivamente de los elementos (Gilabert de Brito *et al.*, 1990). La aplicación se realizó al inicio del ciclo, esparcido en el suelo en la parte media debajo de la proyección de la copa.

La aplicación del retardador de crecimiento Paclobutrazol (Cultar®), se efectuó en el suelo un mes después de iniciado el ciclo, a razón de 2,5 g ia por planta. El producto se disolvió en 3 litros de agua, esparciéndose alrededor del tallo en una franja distanciada de 1 m a 1,5 m del mismo. Una vez ocurrida la floración y durante el proceso de fructificación, se efectuaron riegos complementarios.

Al conjunto de datos obtenidos se le aplicó los supuestos para poder realizar el análisis de la varianza: normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), homocedasticidad (prueba de Bartlett), aleatoriedad e independencia (prueba de las Rachas) y aditividad (prueba de Tukey). Posteriormente, fueron analizados mediante un análisis de la varianza para 2 factores, siguiendo el modelo lineal aditivo:

$$Y_{(ijk)} = U + TPD_{(i)} + C_{(j)} + TPD \times C_{(ij)} + e_{(ijk)};$$

donde:

TPD_(i): es el efecto del tipo de poda i-ésimo,
 C_(j): es el efecto del cultivar j-ésimo,
 TPD x C_(ij): es el efecto de la interacción del tipo de poda i-ésimo en el j-ésimo cultivar,

e_(ijk): es el efecto del error experimental asociado al tipo de poda i-ésimo en el cultivar j-ésimo y en la k-ésima repetición.

La separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significación del error tipo I de $P \leq 0,05$ (Snedecor y Cochran, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incremento anual del Volumen de Copa (IVC)

El análisis estadístico del IVC mostró diferencias altamente significativas entre los tipos de poda (TPD) y los cultivares (C), y significativa para la interacción TPD x C (Cuadro 2). Como señala Mika (1986) los árboles podados tratan de restablecer el balance previamente existente entre la parte aérea y el sistema radical, y a mayor intensidad de la poda, se incrementa el número de períodos activos de crecimiento (Avilán *et al.*, 2002). Los más altos IVC se correspondieron con la mayor intensidad de poda empleada (PD+L) y el Haden caracterizado como el C con mayor VV (Campbell, 1992). En el resto de los TPD y C, los IVC no se diferenciaron entre sí (Cuadros 3 y 4).

La escasa respuesta que tuvo la aplicación del retardador de crecimiento PBZ es atribuida a la baja dosis (2,5 g ia por planta) de aplicación (Avilán *et al.*, 2005) y el acentuado crecimiento vegetativo que muestran los cultivares monoembrionicos seleccionados en el subtropico, como son los del estudio, estimulado por las altas temperaturas predominantes en el trópico (Whiley *et al.*, 1989).

CUADRO 2. Cuadros medios y su significación, generado para las variables: incremento del volumen de copa (IVC) anual, peso de la materia verde (PMV), peso de la materia seca (PMS).

Fuentes de variación	GL	IVC	P	PMV	P	PMS	P
Tipos de poda (TPD)	3	189,61	0,0001	291,45	0,0009	46,538	0,0029
Cultivar (C)	3	396,08	0,0000	1 315,03	0,0000	281,81	0,0000
TPD x C	9	42,23	0,0259	22,23	0,6957	5,619	0,5727
Error	16	13,98		31,47		6,494	
Total	31						

IVC: incremento volumen de copa; PMV: peso de la materia verde; PMS: peso de la materia seca.
 P: Probabilidad de F calculado > F tabulado.

CUADRO 3. Comparación de medias del IVC (m³) entre los TPD.

Tipos de poda (TPD)	Promedio	Grupo
PD	56,075	b
PD+PBZ	50,737	b
PD+L	62,400	a
PD+E	54,425	b

PD: poda, PBZ: paclobutrazol, L: corte de ramas laterales, E: entresaque de ramas
 Valor crítico de comparación 5,3498

CUADRO 4. Comparación de medias del IVC (m³) entre los C.

Cultivares (C)	Promedio	Grupo
Haden	65,975	a
Edward	53,787	b
Springfels	49,575	b
Tommy Atkins	54,300	b

Valor crítico de comparación 5,3498

Peso de la materia verde (PMV)

Del material removido por la poda las hojas y las ramas gruesas representaron en promedio el 52,6% y 40,1%, respectivamente, mientras los brotes solamente el 7,5%. Los componentes madera y corteza de las ramas gruesas representaron en promedio el 73,5% y 26,4%, respectivamente. Avilán *et al.* (2000) al evaluar el comportamiento de los brotes podados en relación a los no podados, con y sin aplicación de PBZ, determinó diferencias significativas en cuanto al mayor número de flujos, longitud total, y número de hojas y brotes por flujo.

El análisis estadístico del PMV presentó diferencias altamente significativas para TPD y C (Cuadro 2). Entre los TPD se establecieron tres grupos, el primero constituido por PD+L y PD, el segundo por PD+E y por último PD+PBZ (Cuadro 5). El Haden presentó el mayor PMV removida, seguido por Edward, ocupando Springfels y Tommy Atkins la última posición

sin diferencias estadísticas entre sí (Cuadro 6). Estos resultados están asociados a la naturaleza y el VV que caracteriza a los cultivares.

CUADRO 5. Comparación de medias del peso (kg) materia verde (PMV) entre los TPD.

Tipos de poda (TPD)	Media	Grupo
PD	48,625	a
PD+PBZ	40,375	b
PD+L	55,125	a
PD+E	48,000	ab

PD: poda, PBZ: paclobutrazol, L: corte de ramas laterales, E: entresaque de ramas
 Valor crítico de comparación 8,0260.

CUADRO 6. Comparación de medias del peso (kg) materia verde (PMV) entre los C.

Cultivares (C)	Promedio	Grupo
Haden	64,250	a
Edward	52,250	b
Springfels	39,125	c
Tommy Atkins	36,500	c

Valor crítico de comparación 5,3498

Peso (kg) materia seca (PMS)

El porcentaje de humedad determinado en las partes muestreadas fue variable en función a la condición intrínseca o naturaleza de las mismas, presentando en promedio: madera 46%, corteza 58,5%, brotes 58,3% y en las hojas 59,7%, estas últimas de naturaleza semicoriácea (Singh, 1960). El análisis estadístico detectó diferencias altamente significativas para el PMS total y cada una de las partes que lo conformaron, entre los TPD y C (Cuadro 7).

CUADRO 7. Cuadrados medios y su significación, generado para las variables peso (kg) de la materia seca (PMS) y los componentes: ramas gruesas, brotes y hojas.

Fuentes de Variación	GL	PMStotal	P	Ramas gruesas	P	Brotes	P	Hojas	P
Tipos poda (TPD)	3	46,538	0,0029	11,942	0,0009	0,2730	0,0010	12,668	0,0010
Cultivar(C)	3	281,8	0,0000	53,529	0,0000	1,2623	0,0000	58,332	0,0000
TPDxC	9	5,619	0,5727	0,856	0,7374	0,0197	0,7414	0,9524	0,7154
Error	16	6,494		1,300		0,0304		1,3976	
Total	31								

P: Probabilidad de F calculado > F tabulado.

La comparación de las medias del PMS total y los diferentes componentes (Cuadro 8) mostró que los mayores pesos entre los TPD correspondieron a PD+L, seguido de PD+PBZ, y en última posición PD y PD+E sin diferencias entre sí. Entre los C el Haden ocupó el primer lugar, seguido por Edward y en tercera posición Springfels y Tommy Atkins. Los resultados en forma general siguieron la misma tendencia determinada en el PMV.

Extracción de NPK por la remoción del follaje

La estimación de los nutrientes extraídos se efectuó tomando como base los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para el momento de la cosecha (Cuadro 1) determinados por Stassen (2000) y el PMS de los diferentes componentes en PD+L y PD, en Haden y Tommy Atkins, que respectivamente ocuparon la primera y última posición entre los TPD y C y se diferenciaron significativamente en relación al PMS total.

CUADRO 8. Comparación de las medias del PMS (kg) total y los diferentes componentes. Ramas gruesas (madera y corteza), brotes y hojas.

Tipos de poda (TPD)	PMStotal	Madera	Corteza	Brotes	Hojas
PD	21,502ab	7,6575 ab	2,1225 ab	1,5215 a	10,121 ab
PD+PBZ	18,582 b	6,4200 b	1,7813 b	1,2700 b	8,482 b
PD+L	24,480 a	8,7613 a	2,4312 a	1,7212 a	11,563 a
PD+E	21,236 b	7,6000 ab	2,1100 ab	1,4912 ab	10,019 ab
Cultivares(C)					
Haden	29,155 a	10,207 a	2,8325 a	2,0075 a	13,480 a
Edward	23,032 b	8,206 b	2,2775 b	1,6250 b	10,907 b
Springfels	17,395 c	6,223 c	1,7262 c	1,2212 c	8,142 c
Tommy Atkins	16,219 c	5,803 c	1,6088 c	1,1500 c	7,655 c
Valor crítico de comparación	3,6461	1,2753	0,3561	0,2497	1,6914

Valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas al 5%
 PD: poda, PBZ: paclobutrazol, L: corte de ramas laterales, E: entresaque de ramas

El K y N fueron los elementos extraídos en mayor cuantía (Cuadro 9 y 10) debido a la elevada concentración, especialmente del N ($14,20 \text{ g kg}^{-1}$), y la magnitud que representaron las hojas (50%) en el total del material removido por la poda (Cuadro 8). Según Stassen (2000) el 40% del N total del árbol se encuentra en las hojas. El P extraído en relación NK represento el 15%.

En relación a los N, P_2O_5 y K_2O aplicados al inicio del ciclo y el total removido por la poda (Cuadro 11) en PD+L y PD el N y K_2O representaron del 21% al 24%, mientras para el P_2O_5 del 30 al 35%, respectivamente. Entre los C las diferencias fueron más acentuadas, en Haden la extracción de N y K_2O varió entre 28-29%, y el P_2O_5 40%; mientras en Tommy Atkins las mismas fueron respectivamente del 12% al 13% inferiores.

Niveles aplicados (g planta^{-1})

El período de prefloración constituye una etapa crítica dentro del proceso productivo, ya que la mayoría de los brotes que se forman durante el mismo darán origen a las inflorescencias. La poda al estimular la emisión excesiva de nuevos brotes disminuye las reservas, particularmente de carbohidratos almacenadas en las partes remanentes del árbol, y su magnitud incidirá negativamente en los procesos de floración y la generación de frutos (Mika, 1986; Charnvichit *et al.*, 1991). En cítricos señalan que más del 70% del N que llega a los nuevos órganos procede de las reservas acumuladas en el ciclo anterior en diversos órganos (Feigenbaum *et al.*, 1987; Primo y Legaz, 1983).

CUADRO 9. Contenido (g) de nitrógeno (N) fósforo (P) y potasio (K) en la materia seca de los diferentes componentes en los TPD.

TPD	Elemento	Madera	Corteza	Brotes	Hojas	Total
PD+L	N	29,78	11,66	11,01	164,15	216,60
	P	8,76	6,07	2,92	16,18	34,58
	K	42,92	36,94	23,73	114,44	218,03
PD	N	26,04	10,18	9,73	144,84	190,79
	P	7,66	5,30	2,58	14,28	29,82
	K	37,53	32,22	20,97	108,98	191,70

CUADRO 10. Contenido (g) de nitrógeno (N) fósforo (P) y potasio (K) en la materia seca de los diferentes componentes en los C.

Cultivares	Elemento	Madera	Corteza	Brotes	Hojas	Total
Haden	N	34,703	13,596	12,848	191,416	252,563
	P	10,207	7,081	3,412	18,872	39,572
	K	50,014	43,054	27,703	133,452	254,223
Tommy Atkins	N	19,730	7,722	7,360	108,701	143,513
	P	5,805	4,022	1,955	10,717	22,497
	K	28,434	24,453	15,870	75,764	144,521

CUADRO 11. Relación (%) entre los elementos aplicados al inicio del ciclo y los extraídos (g planta^{-1}) por la remoción del follaje en PD+L, PD, Haden y Tommy Atkins.

TPD y C	Niveles Aplicados (g ha^{-1})		
	908 de N % (g)	225 de P_2O_5 % (ga)	1 090 de K_2O % (gb)
PD+L	23 (216)	35 (80)	24 (261)
PD	21 (190)	30 (69)	21 (230)
Haden	28 (252)	40 (90)	29 (305)
Tommy Atkins	16 (143)	27 (51)	16 (173)

(g^a) $\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P} \times 2,3$; (g^b) $\text{K}_2\text{O} = \text{K} \times 1,2$

Por ello es importante en el manejo de la poda, el empleo de otras técnicas a objeto de minimizar sus efectos. Mika (1986) señala que la poda incrementa en 190% la actividad de las giberelinas, y el uso de retardadores de crecimiento como el paclobutrazol por su acción inhibitoria de su biosíntesis, al propiciar una reducción del crecimiento vegetativo, crea condiciones para la acumulación de reservas (Lever, 1986; Kulkarni, 1991)

CONCLUSIONES

- Los más altos IVC (m^3) correspondieron a PD +L y Haden, respectivamente la mayor intensidad de poda y el cultivar con más elevado VV.
- Del PMV total removido por la poda las hojas y las ramas gruesas representaron en promedio el 52,6% y 40,1%, respectivamente, mientras los brotes el 7,5%.
- Por kg de materia seca removida por la poda se extrajeron (g.kg^{-1}):
- Ramas gruesas (Madera+Corteza): 3,7 de N; 1,3 de P y 1,7 de K
Brotes 6,4 de N; 1,7 de P y 13,8 de K
Hojas 14,2 de N; 1,4 de P y 9,9 de K

- Los NPK removidos por PD+L y PD representaron del 21% al 24% para N y K, y del 30 al 35% para P, respectivamente de los aplicados al IC.
- En Haden caracterizado por su alto VV, la extracción de NPK fue 13% superior al Tommy Atkins, de VV intermedio.
- En la implementación de la fertilización por restitución se deben realizar ajustes de los niveles de aplicación, en función de la intensidad de la poda y del VV del cultivar

BIBLIOGRAFÍA

- Avilán, L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad (278 pl ha^{-1}) durante el período de crecimiento. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). 22:99-111.
- Avilán, L., I. Dorantes, J. Cumare, U. Emaldi, M. Rodríguez y M. Mireles. 2002. Comportamiento fenológico y caracterización de la colección de mango del CENIAP. Maracay. Ven. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 120 p. (Publicación Especial N° 3).
- Avilán, L., C. Marín R., M. Rodríguez y J. Ruiz. 2000. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol, nitrato de potasio. Agronomía Trop. 50(3):347-360.
- Avilán, L. 1999. Fertilización del mango en el trópico. Informaciones Agronómicas. INPOFOS. 34:1-5 y 10.
- Avilán, L. 1998. Planes de fertilización para el naranjo y mango en Venezuela. Journal of Agriculture and Environment for International Development. 92(1):33-53.
- Avilán, L. 1974. Cuatro años de fertilización en mango (*Mangifera indica* L.) en suelos de la serie Maracay. Agronomía Trop. 28:3-17
- Barbery, R., M. García y N. Dieguez. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre 'Superhaden'. Ciencia Tec Agricul. Cítricos y otros frutales 1(2):24-34.

- Campbell, R. 1992. A guide to mangos in Florida. Fairchild Tropical Garden. Miami. Florida. 227 p.
- Campbell, R. and J. Wasielewski. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. *Acta Horticulturae* 509: 641-651.
- 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.
- 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.
- Cull, B. 1991. Mango crop management. *Acta Horticulturae*. 291:154-173.
- Díaz, V. 1996. Mercado de exportação de manga para Europa, America do Norte e países Asiaticos. Em: *Manga, tecnologia e mercado*. Coordenadores A. Soa Jose; Y. Souza; J. Filho e O. Morais. Bahia. Brasil. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. pp. 285-295.
- 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.
- Feigenbaum, S., H. Bielorai, y Erner and S. Dasberg. 1987. The fate 15N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant and Soil*: 97:179-187.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1996. Consulta internacional sobre frutas tropicales, Kuala Lumpur (Malasia), 15-19 de junio de 1996. ESC: ICTF 96/6.
- Gilabert de Brito, J., I. López y R. Pérez. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia (análisis de suelo para el diagnostico de fertilidad). Versión preliminar. Maracay. Ven. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 164 p.
- Kulkarni, V. 1991. Tree vigour control in mango. *Acta Horticulturae* 291:229-234.
- Lever, B. 1986. Cultar. A technical overview. In: *Cultar: its application in fruit growing*. B. Lever and L. Luckwill (eds.) Netherlands. pp.13-20.
- Medina-Urrutia, V. 1994. Poda y Paclobutrazol afectan el crecimiento y producción de árboles jóvenes de mango 'Tommy Atkins'. *Proceedings Interamerican Society Tropical Horticultural*. 38:50-55.
- Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Horticultural Reviews*. 8:337-378.
- Primo, E. y F. Legaz. 1983. Fertilización N-P-K en agrios. *Levante Agrícola* 246:39-59.
- Samra, J. and Y. Arora. 1997. Mineral nutrition In: R. Litz (Ed) *The Mango, Botany, Production and Uses*. CAB International. Oxon. Wallingford: 175-201.
- Sergent, E., E. Casanova y F. Leal. 1993. Niveles foliares de NPK en mango (*Mangifera indica* L.) *Agronomía Trop*. 19(2):319-328.
- Singh, L. 1960. *The mango*. London. Leonard-Hill. 438 p.
- Stassen, P., E. Hoffman and H. Grove. 2000. Uptake, distribution and requirements of macro elements in 'Sensation' mango trees. *Acta Horticulturae* 509:365-374.
- Snedecor, G. y W. Cochran. 1982. *Métodos estadísticos*. México. Editorial Continental. 705 p.
- Vega, E. y E. Molina. 1999. Fertilización nitrogenada en el cultivo del mango var Tommy Atkins, en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(1):37-44.
- Ministerio de Producción y Comercio (MPC). 2000. *Estadísticas Agropecuarias*. Caracas Venezuela. 5 p.
- Young, T., R. Koo and J. Miner. 1974. Effect of nitrogen, potassium and calcium fertilization on 'Kent' mangos on deep, acid sandy soil. *Proceedings Florida State Horticultural Society*. 75:364-371.
- 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.

ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETAL POR *Burkholderia cepacia*, UNA CEPA NATIVA DE SUELOS ÁCIDOS DE SABANAS VENEZOLANAS¹

PLANT GROWTH STIMULATION BY *Burkholderia cepacia*, A NATIVE RIZOBACTERIAS OF ACID SOILS IN VENEZUELAN SAVANNAS¹

Edith Mora* y Marcia Toro**

¹Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral de la Ing. Agr. Edith Mora, Postgrado de Ecología, financiado por el FONACIT y es parte del proyecto Manejo Conservacionista de Suelos de Sabanas bien Drenadas de la Iniciativa Científica del Milenio 2004-FONACIT.

*Estudiante. Postgrado de Ecología y **Profesora. Universidad Central de Venezuela (UCV). Instituto de Zoología Tropical. Laboratorio de Estudios Ambientales. Apdo. Postal 47.058. Caracas 1040-A. Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó la rizósfera de plantas nativas de sabana *Galactia jussiaeana* y *Centrosema venosum* basados en la presencia de bacterias solubilizadoras de fosfatos. El objetivo fue identificar y caracterizar las bacterias. Se realizaron pruebas bioquímicas y tests de promoción de crecimiento vegetal (capacidad PGPR): promoción de la germinación y de estimulación del crecimiento radical en la planta *Zea mays* (variedad Turén). La bacteria predominante en la rizósferas de *G. jussiaeana* y *C. venosum* fue *Burkholderia cepacia*. Para probar su capacidad de promover la germinación se establecieron placas de Petri con semillas de *Zea mays* inoculadas y sin inocular con la bacteria, obteniéndose un 100% de germinación en las inoculadas y 71% en el control. También se observó un crecimiento significativo de la radícula en las semillas inoculadas. La determinación de longitud radical se realizó en plantas de maíz en condiciones estériles, inoculadas ó no con la bacteria y regadas con solución nutritiva. Después de 3 semanas se observó que las plantas inoculadas mostraban una longitud superior en 28% por sobre las no inoculadas, mayor biomasa y fósforo foliar. Estos resultados pueden atribuirse al incremento de la disponibilidad de nutrientes minerales, como el fósforo, a la producción de fitohormonas estimuladoras del crecimiento radical y de otros metabolitos producidos por la bacteria. Se resaltó la utilización potencial de *Burkholderia cepacia* como bacteria con propiedades de biofertilizante, nativa de suelos ácidos tropicales.

Palabras Clave: *Burkholderia cepaci*; rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal; biofertilizante; suelos ácidos.

SUMMARY

The rhizospheres of *Galactia jussiaeana* and *Centrosema venosum* native plants of tropical savannas were analyzed to observe the presence of phosphate solubilizing bacteria. Biochemical tests were applied to the bacteria for its characterization and identification. Our results showed that *Burkholderia cepacia* was the dominant species. Plant growth promotion tests (PGPR capacity) of the bacteria, seed germination capacity, and root growth promotion were applied to *Zea mays* (var. Turen). To evaluate germination promotion, inoculated and non inoculated seeds were set in sterile Petri dishes, and we observed that inoculated seeds germinated 100%, while only 71% of non inoculated seeds germinated. Inoculated radicles were significantly longer than those non inoculated. Root length was measured, under sterile conditions and nutritive solution, in plants inoculaed or non inoculated with the bacteria; control condition was the same without bacteria inoculation. After three weeks, inoculated plants showed 28% more root length, higher biomass and foliar concentration of phosphate than those not inoculated. An improvement of availability of phosphate and production of promoting root growth hormones by the bacteria could be influencing the results. We show out the potential of *Burkholderia cepacia*, a bacteria native from tropical acid soils, as a biofertilizer.

Key Words: *Burkholderia cepacia*; plant growth promoting rhizobacteria (PGPR); biofertilizers; acid soils.

RECIBIDO: agosto 08, 2006

APROBADO: abril 25, 2007

INTRODUCCIÓN

En condiciones naturales la mayoría de las plantas tropicales adaptadas a diversos nichos ecológicos se encuentran asociadas con microorganismos del suelo los cuales juegan un papel clave en el ciclaje de nutrimentos y en la protección de plantas contra el estrés ambiental al cual pueden estar sometidas (Bowen y Rovira 1999; Jeffries y Barea, 2000).

El fósforo (P) elemento fundamental en la nutrición de las plantas ha sido señalado como el principal elemento limitante en el trópico, según Sánchez y Salinas (1983), el 82% de la extensión de tierras del trópico americano presentan esta característica. En Venezuela, se han realizado estudios que reflejan la baja disponibilidad de P en los suelos. Casanova (1992) estimó que aproximadamente 60 millones de hectáreas tienen problemas de acidez donde el P es el principal elemento limitante.

Las sabanas del estado Guárico (Hernández-Valencia, 1996), presentan condición ácida y baja fertilidad natural (López-Hernández, 1977). El P es fijado debido a su precipitación como fosfatos de hierro y aluminio, lo cual disminuye la disponibilidad del elemento (López-Hernández, 1977). La deficiencia de P es una de las características edáficas más frecuentes.

Los organismos que son directamente promotores del crecimiento, son llamados Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (o PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Son aquellas bacterias que se encuentran libres en el suelo, capaces de adaptarse, colonizar y permanecer en la rizósfera de la planta favoreciendo el crecimiento o desarrollo de ésta con sus actividades, como son: incrementar la solubilidad de elementos minerales (P, K, Ca, entre otros), fijar nitrógeno atmosférico, reducir patógenos de las raíces (por antagonismo o competencia) y producir sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas (auxinas, citoquininas y giberelinas) que contribuyen a incrementar el crecimiento de la raíz (Glick, 1995).

En los agroecosistemas, es deseable manejar este tipo de organismos, ya que se estaría optimizando un agente biológico que favorece la nutrición de las plantas junto con el sistema (Toro y López-Hernández, 1998). Por la limitante que representa el

P en los suelos ácidos se estudiaron las rizósferas de plantas nativas basados en la presencia de bacterias capaces de solubilizar fosfatos de calcio, de hierro y Aluminio. Los objetivos de este trabajo fueron identificar y caracterizar las bacterias presentes en las rizósferas de *Galactia jussiaeana* y *Centrosema venosum*, y estudiar sus características como bacterias promotoras de crecimiento vegetal en la planta *Zea mays*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica del Sitio de Estudio: el estudio se realizó en la Estación Experimental La Iguana, en las Sabanas al Sur-Oriente del estado Guárico (8° 25' N y 65° 25' W), con un clima Isotérmico. Los suelos son de baja a moderada fertilidad, pH ligeramente ácido (Matheus, 1986; Chacón *et al.*, 1991).

Aislamiento de las bacterias: se tomó 1 g de suelo rizosférico fresco de cada una de las plantas nativas *G. jussiaeana* y *C. venosum*. Se realizaron diluciones seriadas y se sembró 1 ml de la dilución en placas de Petri con medios selectivos que contenían fosfatos de calcio, hierro o aluminio (YED, PS; Thomas y Shantaram, 1986; Peix *et al.*, 2001; Wenzel *et al.*, 1994). Aquellas colonias que mostraron un halo de aclaramiento a su alrededor o el cambio de color del medio (de morado a amarillo) fueron seleccionadas como solubilizadoras de los fosfatos referidos y acidificadoras del medio circundante, respectivamente.

Identificación de las bacterias: se seleccionaron las colonias con capacidad solubilizadora. Una vez purificadas en el medio correspondiente se realizó la caracterización morfológica y las pruebas bioquímicas para su identificación (Mac Faddin, 1980). Posteriormente se aplicaron las galerías y pruebas confirmatorias para su identificación definitiva (Patrick *et al.*, 1999).

Pruebas de Promoción de Crecimiento de la Planta

Promoción de germinación: se distribuyeron uniformemente 5 semillas de maíz, esterilizadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 10%, en cápsulas de Petri estériles. Se aplicó 1 ml de *Burkholderia cepacia* a cada semilla con una densidad de 10⁸

células/ml (Thomas y Shantaram, 1986; Peix *et al.*, 2001). Los tratamientos control carecían de la suspensión bacteriana. A los 7 días se midió el porcentaje de germinación y el tamaño de las radículas. Se realizaron cinco repeticiones para cada tratamiento, calculando el promedio de cada parámetro para su posterior comparación estadística.

Promoción de crecimiento radical: para determinar la longitud radical se estableció un experimento en condiciones de invernadero y esterilidad durante 21 días (López, 1997), en recipientes de plástico (macetas) con arena, esterilizada a vapor fluente por una hora durante tres días consecutivos y colocando una semilla de maíz esterilizada (según se señaló anteriormente). Se establecieron 2 tratamientos: inoculadas y control, cada uno con 5 repeticiones. A las plantas inoculadas se les aplicó a los 4 d y 15 d de crecimiento, 1 ml del cultivo bacteriano (10^8 células/ml); a las plantas control se añadió 1 ml de agua estéril. Ambos tratamientos fueron regados con solución nutritiva de Hewitt (1966). Cumplido el tiempo se midió la longitud de raíz por el método de Newman (1966), modificado por Tennant (1975) y se evaluaron diferentes parámetros en planta según se indica a continuación.

Determinaciones en planta: a las plantas cosechadas se les determinó la biomasa del vástago, previo lavado de la parte aérea con agua destilada y secado del material a 60 °C durante 24 h. Para la determinación del P foliar se aplicó una digestión ácida al material vegetal molido con mezcla binaria. Posteriormente se determinó por colorimetría el contenido de P (Murphy y Riley, 1962).

Análisis estadístico: se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas para analizar las variables peso seco del vástago, contenido foliar de P y longitud radical aplicando un ANOVA de una vía. Las diferencias significativas se evidenciaron colocando la desviación estándar entre paréntesis al lado de los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las rizósferas de *G. jussiaeana* y *C. venosum* presentaron colonias con capacidad de solubilizar fosfato de calcio, hierro y aluminio (Cuadro 1), característica

de gran importancia en suelos ácidos de sabanas, ya que estos suelos son deficientes en nutrimentos como fósforo, calcio y magnesio (Purnomo *et al.*, 2005). La solubilización química y/o microbiológica de los fosfatos inorgánicos y la mineralización microbiológica de los fosfatos orgánicos, son algunos de los principales aportes de P a la solución del suelo, mecanismos relevantes en suelos poco fértiles como los que se estudian.

CUADRO 1. Capacidad de solubilización de fosfatos de calcio, hierro y aluminio y de acidificación del medio circundante de *Burkholderia cepacia*.

Medio	Diámetro Promedio del Halo (mm)			pH del medio	
	PO ₄ Ca	PO ₄ Fe	PO ₄ Al	Inicial	Final
YED	6	-----	-----	7	6
PS	5	10	9	7	5,5

Es importante resaltar la capacidad de estas bacterias como microorganismos capaces de solubilizar los principales tipos de fosfatos insolubles presentes en los suelos ácidos, a través de su capacidad de acidificar el medio circundante (Cuadro 1); esta capacidad es debida a la propiedad que poseen dichas bacterias de producir ácidos orgánicos que actúan solubilizando los fosfatos insolubles (Illmer y Schinner, 1995; Illmer *et al.*, 1995). Su aplicación como biofertilizante en los sistemas agrícolas tropicales debe considerarse como una alternativa agroecológica (Vessey, 2003).

De acuerdo a las características morfológicas de las colonias bacterianas seleccionadas en diferentes medios y a las pruebas bioquímicas preliminares se concluyó el predominio de una sola especie identificada como *B. cepacia*. Las galerías específicas y las pruebas realizadas posteriormente (Reynaud *et al.*, 1988) corroboran dicha identificación (Cuadro 2).

CUADRO 2. Pruebas morfológicas y bioquímicas de identificación de las bacterias solubilizadoras.

Colonia LB	Colonia MacConkey	Morfo. en Gram	Pruebas Preliminares	Taxón Sugerido	Galerías Identificación	Pruebas Confirma
Cremosa, amarillo pálido, circular	Cremosa, Blanca, pequeñas	Negativo, Bacilo Pequeño	Oxidasa + Catalasa + Kligler - SIM n n +/- LIA + Urea + Mot. Fresco +/-	<i>Burkholderia cepacia</i>	ID 32 GN <i>Burkholderia cepacia</i> Muy Buena Id. 99%	API 20NE Glucosa: + Maltosa: + Manitol: + Xyl: + Lisina: + PolimixinaB: +
Cremosa, amarillo pálido	Blanca, pequeñas	Negativo, Bacilo Pequeño	Oxidasa + Catalasa + Kligler - SIM n n - LIA + Urea + Mot. Fresco +/-	<i>Burkholderia cepacia</i>	ID 32 GN <i>Burkholderia cepacia</i> Muy Buena Id. 99%	API 20NE Glucosa: + Maltosa: + Manitol: + Xyl: + Lisina: + PolimixinaB: +

+: reacción; +/-: reacción débil; -: sin reacción, prueba SIM presente: n: negativo en H₂S, n: negativo en Indol, +/-: intermedia motilidad o - negativa motilidad.

La inoculación de *Z. mayz* con *B. cepacia* favoreció en un 29% logrando alcanzar 100% de germinación comparado con el testigo que fue de 71%; las radículas con tamaño representativo dieron en promedio una longitud de 2,17 cm en las semillas inoculadas y de 0,72 cm en el tratamiento control. Esto indica el crecimiento significativo de la radícula en las semillas inoculadas, mostrando una clara promoción de la germinación de *Z. mayz* por *B. cepacia* (Ver Figura).

Las pruebas para promoción del crecimiento mostraron que después de 3 semanas las plantas inoculadas

poseían una longitud radical superior en 28% a las plantas no inoculadas, así como 52% mayor producción de biomasa y 50% mayor contenido de P foliar (Cuadro 3). Son significativos los incrementos de biomasa y de contenido de P foliar, en tanto que las diferencias en longitud radical no fueron significativas; la gran desviación estándar de los datos lo refleja. Sin embargo, los efectos obtenidos sobre los parámetros de crecimiento como la biomasa y el contenido de P foliar permiten caracterizar a la bacteria *B. cepacia* como promotora del crecimiento (PGPR) del maíz en condiciones de invernadero.

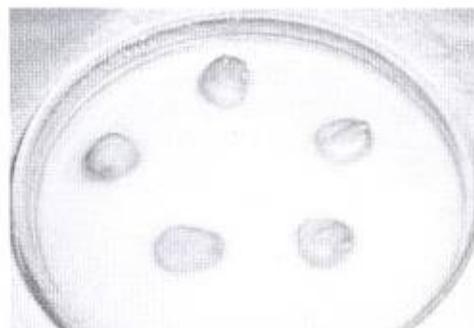


FIGURA. Semillas de *Zea mayz* inoculadas con *Burkholderia cepacia* y no inoculadas.

CUADRO 3. Parámetros de crecimiento vegetal de *Zea mays* inoculada o no con *Burkholderia cepacia*.

	Contenido de P foliar (ug/planta)	Biomasa (g/planta)	Longitud Radical (m/planta)
Inoculada	5,87 (1,20)	0,42 (0,09)	7,48 (0,88)
Sin inocular	3,09 (1,36)	0,276 (0,12)	5,474 (2,24)

Se aplicó un ANOVA de una vía para cada análisis. Entre paréntesis se observa la Desviación Estándar. Los resultados son promedio de 5 repeticiones.

Los resultados obtenidos permiten evidenciar a *B. cepacia* como una bacteria capaz de promover el crecimiento y desarrollo de *Z. mays*. Es conveniente probar su capacidad promotora sobre otros cultivos de interés agrícola nacional. La caracterización y aislamiento de esta bacteria como promotora de crecimiento vegetal permite sugerir su utilización biotecnológica (Klopper *et al.*, 1989; Pal *et al.*, 1999), como biofertilizante para cultivos tropicales que se desarrollen en suelos ácidos, sin embargo, se debe evaluar su efecto en condiciones de invernadero y campo antes de multiplicar y masificar su uso.

CONCLUSIONES

- *B. cepacia* fue la especie de bacteria solubilizadora de fosfatos dominante en las rizósferas estudiadas. Mostró una adecuada capacidad de solubilizar fosfato de calcio, hierro y aluminio, estos dos últimos predominantes en los suelos ácidos de sabanas.
- La bacteria *B. cepacia* favoreció la germinación, elongación de la raíz y producción de biomasa promoviendo el crecimiento de *Z. mays*.
- Estas características la señalan como una bacteria de potencial aplicación como biofertilizante y/o en control biológico en cultivos de interés agrícola de los suelos ácidos de sabana.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos la asistencia de los Brs. Erika Osorio y David Bolívar en los análisis de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bowen, G. D. and A. D. Rovira. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Advances in Agronomy* 66:1-102.
- Casanova, E. 1992. Las rocas fosfóricas nacionales y su potencial en cultivos y suelos de Venezuela. **In:** Memorias del curso sobre fertilización balanceada. PALMAVEN-INPOFOS. Valencia, Venezuela. 88 p.
- Chacón P., I. López-Hernandez ex M. Lamotte. 1991. Le cycle de l'azote dans une savane a *Trachypogon* an centre an Venezuela. *Revue D' Ecologie Et Biologie Du Sol*. 28:67 - 75.
- García-Reyna, M. J., D. Plata-Guzmán, R. Cárdenas-Navarro, R. Farias-Rodríguez and J. M. Sánchez-Yáñez. 2001. Isolation and effect of inoculation of maize with endophytic bacteria of teocintle. Meeting III on Rhizosphere, Dijon, France.
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-117.
- Hernández-Valencia, I. 1996. Dinámica del fósforo en una sabana de *Trachypogon* de los Llanos Altos Centrales. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Caracas.
- Hewitt, E. J. 1966. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. CABI. Farnham Royal, RU. 547 pp.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates-solubilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 257-263.
- Illmer, P., A. Barbato. and F. Schinner. 1995. Solubilization of hardly soluble $AlPO_4$ with P-solubilizing microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 265-270.

- Jeffries, P. and J.M. Barea. 2000. Arbuscular Micorriza a key component of sustainable plant-soil ecosystems. *The Mycota*. 4: 95-113.
- Kloepper, J. W., R. Lifshitz and R. M. Zablotowicz. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends biotechnology*. 7:39-43.
- López-Hernández, I. 1977. La química del fósforo en suelos ácidos. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- López, M. 1997. Eficiencia de absorción de fósforo por tres cultivares de sorgo de diferente toxicidad al aluminio. Tesis de Maestría en el postgrado de Ciencias del Suelo. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 123 pp.
- Mac Faddin, J. M. 1980. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. Editorial Panamericana. Buenos Aires. p. 301.
- Matheus, R. 1986. Los Suelos de La Estación Experimental La Iguana, Sur Oriente del Estado Guárico. Tesis de Maestría. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta*. 26:31-36.
- Newman, E. I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3: 139-145.
- Pal, K. K., R. Dey, D. M. Bhatt and S. M. Chauhan. 1999. Plant growth promoting fluorescent pseudomonads enhanced peanut growth, yield and nutrient uptake. www.ag.auburn.edu/~mlorens/argentina/pdfmanuscripts/pal.pdf
- Patrick, R., E. Baron, M. Pfaller, F. Tenover and R. Yolken. 1999. *Manual of Clinical Microbiology*. 7 edition. American Society for Microbiology. 1 773 pp.
- Peix, A, A. Rivas-Boyero, P. F. Mateos, C. Rodríguez-Barrueco, E. Martínez-Molina and E. Velázquez. 2001. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. *Soil Biol. Biochem.* 33:103-110.
- Purnomo, E., A. Mursyid., M. Syarwani., A. Jumberi, Y. Hashidoko, T. Hasegawa, S. Honma and M. Osaka. 2005. Phosphorus Solubilizing Microorganisms in the Rhizosphere of Local Rice Varieties Grown without Fertilizer on Acid Sulfate Soils. *Soil Science and Plant Nutrition*. 51:(5)679.
- Reynaud, A.E., B. Coude Du Foresto and A. L. Courtieu. 1988. Etude comparative de diverses galeries API pour l'identification des bacteries gram négatif. *Ann. Biol. Clin.* 46:259-262.
- Sánchez, P. y G. Salinas. 1983. Suelos ácidos y estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. *SCCS*. Bogota, Colombia. 93 p.
- Tennant, D. 1975. A test of modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63:995-1001.
- Thomas, G. V. and M. V Shantaram. 1986. Solubilization of inorganic phosphates for bacteria from coconut plantation soils. *Journal of Plantation Crops*. 14:42-48.
- Toro, M. y D. López-Hernández. 1998. Potencialidades del manejo de las Micorrizas Arbusculares para el desarrollo sostenido de los sistemas agrícolas de bajos insumos del ecotono sabana-bosque amazónico. **In:** Carrillo, R. J. (Compilador). *Memorias del IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente realizado en Caracas, Venezuela, entre el 8 y 11 de diciembre de 1997*. Colección Simposia. pp. 222-227.
- Vessey, J. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255:(2)571-586.
- Wenzel, C. L., A. E. Ashford and B. A. Summerell. 1994. Phosphate solubilizing bacteria associated with proteoid roots of seedlings of waratah [*Telopea speciosissima* (Sm.) R.Br.]. *New Phytologist* 128:487-496.

EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS SOBRE LA POSTCOSECHA Y LA EVOLUCIÓN DEL COLOR DEL ZUMO DE LA FRUTA DEL NARANJO¹

EVALUATION OF THE EFFECT OF POSTHARVEST PROTECTORS IN ORANGE JUICE OVER THE TIME¹

Willian Materano*, Anne Valera**, Judith Zambrano*, Miguel Maffei** y Claudia Torres***

¹ Trabajo financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes. (Código NURR-C-338-03-01-C)

*Profesores, **Ingenieros investigadores y ***Lic. Biología asociada a la Investigación. ULA. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Grupo de Investigación de Fisiología de Poscosecha. Trujillo. Venezuela. E-mail: materano@ula.ve; zjudithe@ula.ve

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la cera Primafresh® y cubierta de policloruro de polivinilo (PVC) de 32 micras de espesor en frutas de naranja (Valencia), *Citrus sinensis* L. Osbeck, almacenados bajo refrigeración, sobre el contenido de carotenoides (CC) y los parámetros de color (L., Cromo y Hue) del zumo durante el período de comercialización. Un lote de frutos fue sumergido en Primafresh® a la concentración original 20% de sólidos y colocados en bandejas de anime. Otro lote colocado en bandejas de anime y recubierto con PVC. Posteriormente se almacenaron a 8 °C ($\pm 0,5$ °C), 80-85% HR durante 21 días, realizándose evaluaciones a intervalos de 7 días. Frutos no tratados se utilizaron como control. Durante cada evaluación se determinó la pérdida de peso, CC totales y los parámetros de color. Los tratamientos con recubrimiento redujeron la pérdida de humedad, Primafresh® (1,22%) y cubierta de PVC (1,11%), dando lugar a menor pérdida de masa fresca de los frutos, en comparación con el grupo control (5,17%). Se encontró una razón de cambio de CC de 0,4426 mg l⁻¹ día⁻¹ para el control y para los frutos tratados con Primafresh® y PVC de 0,2605 mg l⁻¹ día⁻¹ y 0,1991 mg l⁻¹ día⁻¹, respectivamente. En cuanto al color se obtuvo una razón de 0,1085 unidades de Cromo por día en el tratamiento control, en Primafresh® (0,0564 unid día⁻¹) y PVC (0,0480 unid día⁻¹). El estudio demostró que el uso de ceras Primafresh® y cubiertas PVC influyó en el cambio de color y en el CC.

Palabras Clave: Naranja; *Citrus sinensis* L.; Primafresh®; PVC; ceras; carotenoides; calidad.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of the Primafresh® wax and cover with polyvinyl policloruro (PVC) of 32 microns of thickness in the content of total carotenoids and the parameters of color (L., Chroma and Hue) of the juice, during the period of commercialization, of 'Valencia' orange fruits, *Citrus sinensis* L. Osbeck, stored under refrigeration. A group of fruits was submerged in Primafresh® at the original concentration of 20% and placed in polypropylene trays. Another group was placed in polypropylene trays and covered with PVC. No treated fruits were used as a control. The fruits were stored at 8 °C ($\pm 0,5$ C), 80-85% HR during 21 days, and the lost of weight, total carotenoids, and color were evaluated at intervals of 7 days. The treatments with covering reduced the lost of humidity (1.22 and 1.11% for Primafresh® and PVC respectively), and there was a lower lost of weight of the fruits, while in the control group there was lost of humidity of 5.17%. It was found a rate of change of carotenoid concentration of 0.4426 mg l⁻¹ day⁻¹ for the control, and of 0.2605 and 0.1991 mg l⁻¹ day⁻¹ for the tratments with Primafresh® and PVC respectively. Moreover, the rate of change of the color was 0.1085 units of Chroma by day⁻¹ in the control treatment, and 0.0564 and 0.0480 units day⁻¹ for the tratments with Primafresh® and PVC. The study shown that the use of Primafresh® wax and PVC covers influenced the changes of color and carotenoid content of the orange.

Key Words: Orange; *Citrus sinensis* L.; Primafresh®; PVC; waxes; carotenoids; quality.

RECIBIDO: diciembre 20, 2006

APROBADO: abril 22, 2007

INTRODUCCIÓN

Los frutos de naranja, *Citrus sinensis*, producidos en Trujillo-Venezuela, por lo general, no cumplen con las exigencias de calidad del mercado tanto para la industria o mercado fresco; esto es debido en gran medida a deficiencias en el manejo general del cultivo, y de manera muy acentuada a las prácticas inapropiadas de cosecha y recolección, maltrato por empaque y transporte inadecuado. A nivel de mercado mayorista y minorista, el producto es manejado inapropiadamente; se almacena a temperatura ambiente, la cual se hace mayor debido al aumento de la actividad fisiológica del fruto disminuyendo la vida útil del mismo, presentándose pérdidas postcosecha de hasta 20-40 por ciento (Tariq *et al.*, 2001).

Dado que la naranja es un fruto perecedero es importante alargar su vida de almacenamiento, manteniendo su calidad, tanto de los frutos que se destinan a consumo fresco como aquellos dirigidos a uso industrial. Uno de los procedimientos utilizados para prolongar la vida de los frutos una vez cosechados es a través del almacenamiento refrigerado; sin embargo, temperaturas inferiores a 10 °C pueden ocasionar daños por frío en refrigeración convencional.

Las frutas cítricas presentan acentuada pérdida de las cualidades visuales durante el almacenamiento refrigerado debido a su transpiración excesiva, por lo tanto para reducir estos daños se sugiere el uso de técnicas de atmósfera modificadas tal como el uso de ceras, películas de polietileno de baja densidad y de PVC; del mismo modo embalajes plásticos posibilitan una forma de estas atmósferas que retardan la senescencia, mantienen la firmeza y turgencia de las frutas. El uso de recubrimientos epidermales como aceites, ceras y plásticos cambia la atmósfera interna de los frutos, disminuyendo el metabolismo, y frena la pérdida de agua en poscosecha (Ceretta *et al.*, 1999; Couey, 1982; Ben-Yehoshua, 1985; Baldwin, 2001).

Las ceras protectoras al aplicarse en la superficie de los frutos bloquean los estomas y reducen la permeabilidad de la cutícula al oxígeno, lo cual disminuye la tasa de respiración y en consecuencia, aminora la velocidad normal de maduración. Las bajas concentraciones de oxígeno (O₂) y altas de dióxido de

carbono (CO₂) reducen la tasa respiratoria y la producción de etileno originando retardo en los cambios de color, consistencia, aroma y sabor de los frutos (Kader, 1995), además están relacionadas con la permeabilidad de los envoltorios (Aular *et al.*, 2001).

El color es una de las cualidades más importantes del jugo de naranja y es principalmente debido a los pigmentos carotenoides. Los frutos cítricos en general son una fuente importante de estos pigmentos naturales (Gross, 1987). Varios estudios han demostrado la importancia del color como parámetro de la calidad en productos de los frutos cítricos en general. Así, en los Estados Unidos, por ejemplo, esta cualidad se utiliza para la clasificación comercial del jugo de naranja (Huggart *et al.*, 1977-1979; Tepper, 1993).

Según Gama y Sylos (2005), las naranjas Valencia son una de los principales cultivares de naranja dulce usadas en la producción de jugo debido a su color intenso en comparación con otros materiales. En consecuencia, la determinación de los carotenoides contenidos (CC) en el zumo de esta fruta tiene gran interés por la decisiva contribución de estas sustancias al color del zumo, así como por su actividad biológica, destacando en este sentido su naturaleza de provitamina A.

En la preferencia del consumidor se encontró una alta correlación ($r = 0,903$) entre el CCT y la intensidad del color del zumo (Casas *et al.*, 1976). Del mismo modo, Cortes *et al.* (2006) encontraron una estrecha relación lineal entre estos parámetros.

El CC varía considerablemente con la madurez de los productos vegetales y con la pérdida de clorofila. De todos los carotenoides identificados en la naturaleza, aproximadamente 115 se encuentran en los cítricos. Cabe indicar que los carotenoides, además de servir como precursores de vitamina A en el organismo humano, también cumplen una función biológica protectora contra la formación y la acción de los radicales libres.

Algunos cultivares de naranja tienen un sabor y aroma excelente, pero presentan el problema de la producción de un jugo de color pálido, otro problema es el cambio de pigmentación con las estaciones.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los recubrimientos (cera Primafresh® y cubierta de PVC) sobre la postcosecha y la evolución del color del zumo de la fruta del naranjo Valencia refrigerados, evaluando los parámetros de calidad pérdida de peso, CC, luminosidad, Croma y Hue.

MATERIALES Y MÉTODOS

De una siembra comercial ubicada en Santa Ana (900 m.s.n.m.), estado Trujillo se cosecharon frutos de naranja Valencia destinados a la comercialización con valores promedios de 11,9; 2,86 y 1,62 correspondientes a °Brix, pH y acidez titulable respectivamente; se seleccionaron 432 frutos de acuerdo a los siguientes criterios: a) tamaño homogéneo, b) ausencia de daños por plaga, enfermedades y/o mecánicos y c) color de la corteza verde-amarillo.

Los frutos se lavaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 5% y se secaron al aire. Un lote de 144 frutos fue sumergido en Primafresh® a la concentración original 20% de sólidos y colocados por triplicado en bandejas de anime (12 frutos/replica). De igual forma, otro lote de 144 frutos fue colocado en bandejas de anime y recubierto con PVC. Posteriormente se almacenaron a 8 °C ($\pm 0,5$ °C), 80-85% HR durante 21 d, realizándose evaluaciones de la pérdida de peso, CC y los parámetros de color (L, Croma y Hue) del jugo a los 0, 7, 14 y 21 d. Frutos no tratados se utilizaron como controles, almacenándose bajo las mismas condiciones.

La pérdida de masa fresca se obtuvo pesando los frutos de naranja durante cada evaluación en una balanza electrónica marca METTLER CJ 4000, y se calculó en base al porcentaje de peso perdido. Se aplicó la fórmula $Pp = [(peso\ inicial - peso\ final) / (peso\ inicial)] \times 100$.

El color fue medido usando un colorímetro Minolta Chroma Meter CR 300 utilizando los términos luminosidad (L), a y b de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Los valores a y b obtenidos en el colorímetro fueron usados para calcular $Hue = \tan^{-1} b/a$, $Croma = (a^2 + b^2)^{1/2}$ (Francis, 1969).

El CCT se midió en 10 ml de muestra de zumo bajo extracción con una mezcla de acetona:hexano (6:4

v/v) y posterior saponificación con KOH. Se realizaron repetidos lavados con agua destilada y la fase CC se secó con sulfato de sodio anhidro. Finalmente se midió la absorbancia de la solución a 450 nm, empleando como blanco una solución de hexano-acetona (Casas *et al.*, 1976).

Con los valores del CC y del Croma (color) del zumo se determinó la ecuación de regresión de tendencia exponencial del tipo $Y = A \cdot X^n$ para el CC y Croma como representación de la curva de maduración; para la interpretación de los resultados se utilizó la linealización a fin de hallar la ecuación que rige cada parámetro y así encontrar la pendiente de ésta, que representa la tasa de cambio mediante la transformación de la función en una línea recta del tipo $Y = mx.b$. (Gutiérrez *et al.*, 2003).

Los resultados para todas las evaluaciones fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza y prueba de rango Múltiple de Duncan utilizando el paquete estadístico SAS® (2001). Los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede observar que la mayor pérdida de masa fresca la exhibieron los frutos control con porcentajes de 0,78 2,32 y 5,17 durante las evaluaciones a los 7, 14 y 21 días, respectivamente. A los 21 d de almacenamiento el análisis estadístico reveló diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) entre los promedios del porcentaje de pérdida de masa fresca de los frutos control respecto a los frutos tratados con Primafresh® y PVC, mientras que estos últimos no difieren estadísticamente.

Estos resultados ponen de manifiesto que los recubrimientos reducen la pérdida de humedad de los frutos durante el almacenamiento. En la Figura 1 se aprecia la evolución de la pérdida de peso siendo mucho mayor en el tratamiento control respecto a los recubrimientos. Esta diferencia en cuanto a la pérdida de peso puede atribuirse a que la cera Primafresh® y la envoltura de PVC actúan como barreras protectoras que limitan la pérdida de humedad por transpiración; resultados semejantes han sido observados por Ceretta *et al.* (1999).

CUADRO 1. Comparación de las medias del porcentaje de pérdida de masa fresca, contenido de carotenoides (mg l^{-1}) y color (luminosidad, Croma y Hue) del zumo de la fruta de naranja Valencia tratados con cera Primafresh®, envoltura de PVC y control almacenadas a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), 80-85% HR durante 21 días.

Tratamiento	7días									
	% Masa fresca		Carotenoides mg l^{-1}		Luminosidad		Croma		Hue	
Control	0,78	a	26,80	a	55,44	a	59,01	a	86,93	a
Primafresh	0,35	a	20,26	b	53,00	a	56,56	b	87,21	a
PVC	0,12	a	18,32	b	55,44	a	56,21	b	87,92	a
SIG		N.S.	**		N.S.		**		N.S.	
14días										
Control	2,32	a	33,04	a	54,00	a	61,78	a	86,93	a
Primafresh	0,85	b	27,82	b	54,67	a	58,23	b	87,36	a
PVC	0,53	b	26,77	b	55,00	a	58,89	b	87,71	a
SIG		*	*		N.S.		*		N.S.	
21días										
Control	5,17	a	31,63	a	55,22	a	63,45	a	86,91	b
Primafresh	1,22	b	27,56	b	55,37	a	58,89	b	87,11	a
PVC	1,11	b	26,09	b	56,33	a	58,36	b	88,81	a
SIG		**	*		N.S.		**		*	

Medias de cada grupo acompañada de diferente letra difieren significativamente de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan. N.S. = no significante, * = significativa a $P \leq 0,05$, ** = Significante a $P \leq 0,001$.

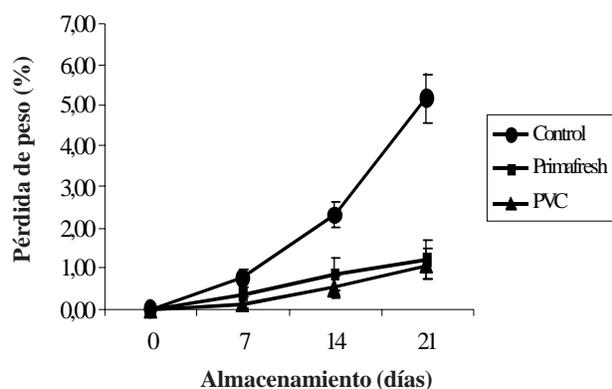


FIGURA 1. Comportamiento del porcentaje de pérdida de peso, en zumo de frutas de naranja Valencia tratadas con cera Primafresh®, envoltura de PVC y tratamiento control almacenadas a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 21 días.

Asimismo, Gómez (2000) estudiando la influencia de ceras en la actividad respiratoria en frutos de parchita, *Passiflora edulis* var *flavicarpa*, observando que estas prolongaron la vida en almacén del producto, redujeron la pérdida de peso y permitieron mantener una adecuada apariencia externa. Resultados similares fueron señalados por Aular *et al.* (2001) evaluando el efecto de diferentes envolturas plásticas en *P. edulis* Sims.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del CC cuyos valores oscilan entre 18,32 y 33,08 mg l^{-1} de jugo correspondiendo los mayores promedios al jugo de los frutos del tratamiento control presentando diferencias significativas al compararse con el CC del jugo de los frutos tratados con cera Primafresh® y envoltura de PVC. El contenido de CT aumentó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos.

diferencias significativas entre el CC del zumo de los frutos recubiertos respecto al control.

- En cuanto a los parámetros de color, en la luminosidad no se observaron efectos estadísticamente significativos entre los tratamientos y en el hue se observaron diferencias significativas sólo a los 21 días de almacenamiento. En relación al croma, el zumo extraído de los frutos control resultó estadísticamente diferente al zumo de los frutos tratados con cera Primafresh® y envoltura de PVC.

BIBLIOGRAFÍA

- Aular, J., C. Ruggiero y J. Durigan. 2001. Efecto de la envoltura plástica y el tiempo de almacenamiento sobre el comportamiento poscosecha de frutos de parchita maracayá. *BIOAGRO* 13(1):15-21.
- Baldwin, E. 2001. New coating formulations for the conservation of tropical fruits. Consultado Diciembre, 2006, en <http://technofruits2006.cirad.fr/pdf/baldwin.pdf>
- Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film-A new postharvest technique. *HortScience* 20(1):32-37.
- Casas, A., D. Mallent y R. Montoro. 1976 Evaluación rápida del contenido de carotenoides totales en el zumo de naranja. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* 16:503-506
- Ceretta, M., E. D. Gonçalves, L. F. Dutra, M. M. Rinaldi and C. V. Rombaldi. 1999. Filme de polietileno e cera na qualidade da naranja "valência" frigoarmazenada *Rev. Bras. de Agrociência*, 5(1):35-37.
- Cortes, C., M. J. Esteve, D. Rodrigo, F. Torregrosa, and A. Frigola. 2006. Changes of colour and carotenoids contents during high intensity pulsed electric field treatment in orange juices. *Food and Chemical Toxicology* 44:1932-1939.
- Couey, H. M. 1982. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *HortScience* 17(2):162-165.
- Francis, F. J. 1969. Pigment content and color in fruits and vegetables *Food Technol.* 23:32-36.
- Gama, J. J. T. and C. M. Sylos. 2005. Major carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice: identification and quantification by HPLC. *Food Research International*, 38:899-903.
- Gomez, P. K. 2000. Efecto de la temperatura de almacenamiento y uso de cera sobre la actividad respiratoria y algunos atributos de calidad de frutos de parchita *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener cv "Maracuya" *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 17(1):1-9.
- Gross, J. 1987. *Pigments in fruits*. London: Academic Press, 303 p.
- Gutiérrez, P., C. Tellez, y M. del C. Temblador. 2003. Análisis y Diseño de Experimentos. México. Mc Graw Hill 571 p.
- Huggart, R. L., D. R., Petrus and B. S. Buslig. 1977. Color aspects of Florida commercial grapefruit juices, 1976-77. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society*, 90, 173-175.
- Huggart, R. L., P. J. Fellers, G. de Jager and J. Brady. 1979. The influence of color on consumer preferences for Florida frozen concentrated grapefruit juices. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society*, 92:148-151.
- Kader, A. 1995. Regulations of fruit physiology by controlled y modified atmospheres. *Acta Horticulturae* 398: 59-67.
- Lee, H. S. and A. G. Coates. 2003. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 36:153-156.
- Lye J., M. L., R. A. Kluge, A. P. Jacomino and S. Tavares. 2003. Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti': Uso de -metilciclopropeno, Ácido Giberélico e Cera. *Brasileira de Fruticultura* 25(3):406-409.
- SAS® 2001. SAS Institute Inc. Version 8e. Cary, NC: SAS Institute, Inc. Cary N.C.
- Sepúlveda, E., C. Sáenz, A. Navarrete, and A. Rustom 1996. Parámetros de color del jugo de granadilla ("*Passiflora edulis*" Sims): influencia de la época de cosecha de la fruta. *Food Science and Technology International* 2(1):29-33.

Tariq, M. A., Tahir, F. M., Asi, A. A. and M. A. Pervez.
2001. Effect of Curing and Packaging on Damaged Citrus Fruit Quality On Line Journal of Biological Sciences 1(1):13-16.

Tepper, B. J. 1993. Effects of a slight color variation on consumer acceptance of orange juice. Journal of Sensory Studies, 8:145-154.

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

Instrucciones para los Autores

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

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

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

Manuscritos

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

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

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

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

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

Autor(es). Primer nombre completo, inicial del 2^{do} y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos para identificar al pie de página el cargo, la institución, dirección postal donde trabajan y correo electrónico. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

Resumen. Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, porqué son relevantes, y la conclusión. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

Palabras Clave. Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto y que faciliten la elaboración del índice de materias, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos.

Introducción. Debe estar formada por una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; igualmente puede incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo. Para las referencias bibliográficas se usará el sistema de apellidos del primer autor y el año de publicación.

Materiales y Métodos. La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deberán ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

Resultados y Discusión. Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

Agradecimiento. Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación se debe anexar al pie de página en la primera parte del trabajo, es decir, debajo de las palabras claves, indicando la llamada número 1 al terminar el título e incluyéndose, debajo de la página del resumen.

Cuadros. Cada cuadro se presentará en hoja separada, colocada a continuación del texto donde se haga alusión a él por primera vez, y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asteriscos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001 (***); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo.

Figuras. Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). Estas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Las figuras pueden dibujarse a mano alzada con tinta china en papel albanene, o elaboradas con un software y reproducidas en impresora láser. De ser posible, use figuras de 1/2 página (9 x 11 cm). No es deseable usar letras mayúsculas en el título el cual debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán en hoja aparte, con el respectivo número de la figura. Se requieren los negativos o diapositivas, marcadas por detrás con lápiz suave, con el número de la figura y el título del artículo.

Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato TIFF (cmyk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar Harvard Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

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

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

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

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

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

Estilo.

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

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

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

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

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

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

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

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

Los símbolos a usar son:

	Símbolo/abrev.	reemplaza
metro,	m,	
kilómetro,	km (10 ³ m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10 ⁻² m)	
milímetro,	mm (10 ⁻³ m)	
micra	m	

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

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

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

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

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

Para suscripción

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

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

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

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

