



Gobierno Bolivariano  
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular  
para la Agricultura y Tierras



Venezuela  
AHORA ES DE TODOS

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

ISSN: 0002 - 192X  
AÑO 59 VOL. 59 No. 1 2009

## AGRONOMÍA TROPICAL

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

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

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

### INDIZACIÓN

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

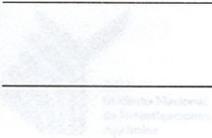
### SUSCRIPCIÓN

Venezuela: 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. Aragua-Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA. Apartado 4653. Maracay 2101. Aragua-Venezuela.

Correo Electrónico: [agrotrop@canaima2.inia.gob.ve](mailto:agrotrop@canaima2.inia.gob.ve)  
Página Electrónica: [http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com\\_periodicas](http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com_periodicas)  
<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/index.htm>



Dra. Jorman Rodríguez  
GERENTE GENERAL

Dr. Yván Gil  
PRESIDENTE

Dr. Luis Dickson  
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. David Díaz  
GERENTE DE SERVICIOS Y PRODUCCIÓN SOCIAL

### FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzanti, W. S. Hjin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calva, Gino Malagutti, Giuseppe Ravanella, Luis A. Salas F., S. Horowitz, P. Obregón y Dora M. de Zerpa.

### COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández  
EDITOR JEFE

Mónica González  
EDITOR ASISTENTE

Zulay Mele  
BACHILLER I

Carmen E. Solorzano  
BACHILLER I

# AGRONOMÍA TROPICAL

Agronomía Trop

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
Maracay, Venezuela

Dra. Rosemary Warnock, UCV  
Producción Vegetal

Dr. Rodolfo Delgado, INIA-CENIAP  
Patología, Fertilidad y Nutrición de suelos

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo

Dra. Asia Y Zambrano, INIA-CENIAP

Dra. Beatriz Lozada, INIA-Tachira  
Agrometeorología

Dra. Aida Ortiz Domínguez, UCV  
Cereales, Maíz y Leguminas

### COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández  
Mónica González

Felipe San Vicente  
Zulay Joffé

### CONSEJO DE REDACCIÓN

José San José, INIA, Caracas  
Gustavo Trujillo, UCV, Fac. de Agronomía  
Noriega A. Sobrado, USB, Caracas  
José Pérez-Roa, CIAT, Mérida  
Jean Marie Hélier, 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, INIA, Caracas  
Inés Pino, Comisión Chile, Energía Nuclear

Yolanda Quevedo, INIA, CENIAP, Maracay  
Raúl Mosqueda Vázquez, INIFAP, México  
Alfredo Leyrisse, UCV, Fac. de Agronomía  
Igor Comarza, PALMAVEN, Colombia  
David Beck, CIMMYT, México  
Zaida Lentini, CIAT, Colombia  
Gervasio Elizalde, UCV, Fac. de Agronomía  
Marisol Castrillo, USB, Caracas  
José Barreiro Méndez, USB, Caracas  
Juan Blanquer, Univ. Politécnica de Valencia, España  
Ramón Rossel, Univ. Nacional del Sur, Argentina  
Lelys Bravo, USB, Caracas  
Berto Arias, INIA, CIAE Maracay  
María Juana Pérez, INIA, CENIAP, Maracay  
Segundo Urquiza, EMBRAPA, Brasil



Dr. Yván Gil  
PRESIDENTE

Dra. Jorman Rodríguez  
GERENTE GENERAL

Dr. Luis Dickson  
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. David Díaz  
GERENTE DE SERVICIOS Y PRODUCCIÓN SOCIAL

### FUNDADORES

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

### COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández  
EDITOR JEFE

Mónica González  
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo  
BACHILLER I

Carmen E. Sólorzano  
BACHILLER I

### EDITORES ASOCIADOS

Dra. Rosemary Warnock, UCV  
Producción Vegetal

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

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo  
Frutales

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

Dra. Beatriz Lozada, INIA- Táchira  
Agrometeorología

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

### COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández  
María González

Félix San Vicente  
Klaus Jaffé

### CONSEJO DE REDACCIÓN

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

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

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

## ÍNDICE

## Artículos:

	Pág.
AVILÁN, L., E. SOTO, M. PÉREZ, C. MARÍN, M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. Comportamiento fenológico de la raza Antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela..... Behavior phenological of the Antillean race of avocado in coastal region centro-norte of Venezuela.	5
GARCÍA, A., M. DORADO, I. PÉREZ, R. CUN, T. LÓPEZ y E. MONTILLA. Acumulación de biomasa seca en diferentes órganos de la planta de arroz en condiciones de déficit hídrico..... Dry mass accumulation of different organs of the rice plant under water deficit conditions.	15
COMERMA G., J. A. Suelos mal drenados en Venezuela..... Poorly drained soils in Venezuela.	25
SEVILLA L., V. A., J. A. COMERMA G. y O. SILVA. Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el estado Carabobo, Venezuela. I. Análisis climático y de producción de agua..... Characterization of the river basin Canoabo in the Carabobo State, Venezuela. I. Climatic analysis and of water production.	35
CORASPE-LEÓN, H. M., T. MURAOKA, V. I. FRANZINI, F. S. CONTRERAS ESPINAL y P. C. OCHEUZE TRIVELIN. Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla..... N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> and N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> uptake by potato in the-tuber seed production.	47
GUTIÉRREZ M., M., B. TRUJILLO, D. PÉREZ, A. MÁRQUES y W. PACHECO. Colecta y rescate del conocimiento local de algodones nativos en las costas de los estados Falcón y Aragua, Venezuela..... Collection and rescues of the local knowledge of native cottons in the coasts of the States Falcon and Aragua, Venezuela.	61
ORTIZ de BERTORELLI, L., L. GRAZIANI de FARIÑAS y R. L. GERVAISE. Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación..... Evaluation of some chemical characteristics of cocoa beans in fermentation.	75
ORTIZ de BERTORELLI, L., G. ROVEDAS L. y L. GRAZIANI de FARIÑAS. Influencia de algunos factores sobre índices del grano de cacao en fermentación..... Influence of several factors on physical of indexes of cocoa seeds in fermentation.	81
VIVAS, L. E., D. ASTUDILLO y L. CAMPOS. Evaluación del insecticida Thiamethoxam 25% para el manejo del insecto sogata en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela..... Evaluation of insecticide Thiamethoxam 25% for the control of the sogata insect in the culture of rice in Calabozo State Guarico, Venezuela.	91

Artículos:

ESCALONA, A., M. SANTANA, I. ACEVEDO, V. RODRÍGUEZ y L. MERÚ MARCÓ. Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos y lecturas "SPAD" en el cultivo de lechuga.....	101
Effects of the nitrogen sources on lettuce nitrates content and over "SPAD" lectures.	

Intrucciones a los Autores

.....	Artículos:
.....	YILIAN L. E. SOTO, M. PÉREZ, C. MARÍN, M. RODRÍGUEZ y J. RUIZ. Comportamiento fenológico de la raza Antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela.....
.....	Behavior phenological of the Antillean race of avocado in coastal region centro-norte of Venezuela
.....	GARCÍA, A., M. DORADO, I. PÉREZ, R. CUN, T. LÓPEZ y E. MONTILLA. Acumulación de biomasa seca en diferentes órganos de la planta de arroz en condiciones de déficit hídrico.....
.....	Dry mass accumulation of different organs of the rice plant under water deficit conditions.
.....	COMERMA G. J. A. Suelos mal drenados en Venezuela.....
.....	Poorly drained soils in Venezuela.
.....	SEVILLA L. V. A., J. A. COMERMA G. y O. SILVA. Caracterización de la cuenca del río Canabón en el estado Carabobo, Venezuela. I. Análisis climático y de producción de agua.....
.....	Characterization of the river basin Canabón in the Carabobo State, Venezuela. I. Climatic analysis and of water production.
.....	CORASPEL-EÓN, H. M., T. MURAKA, V. I. FRANZINI, F. S. CONTRERAS ESPINAL y P. C. OCHERUZE TRIVELIN. Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrico por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla.....
.....	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> and N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> uptake by potato in the tuber seed production.
.....	GUTIÉRREZ M., M., B. TRUJILLO, D. PÉREZ, A. MÁRQUEZ y W. PACHECO. Colección y rescate del conocimiento local de algodoneros nativos en las costas de los estados Falcón y Aragua, Venezuela.....
.....	Collection and rescue of the local knowledge of native cottons in the costs of the States Falcón and Aragua, Venezuela.
.....	ORTIZ de BERTORELLI, L., L. GRAZIANI de FARIÑAS y R. L. GERVAISE. Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación.....
.....	Evaluation of some chemical characteristics of cocoa beans in fermentation.
.....	ORTIZ de BERTORELLI, L., G. ROVEDAS L. y L. GRAZIANI de FARIÑAS. Influencia de algunos factores sobre índices del grano de cacao en fermentación.....
.....	Influence of several factors on physical of indexes of cocoa seeds in fermentation.
.....	VIVAS, L. E., D. ASTUDILLO y L. CAMPOS. Evaluación del insecticida Thiamethoxam 25% para el manejo del insecto sogata en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela.....
.....	Evaluation of insecticide Thiamethoxam 25% for the control of the sogata insect in the culture of rice in Calabozo State Guárico, Venezuela.

## COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE LA RAZA ANTILLANA DE AGUACATE EN LA REGIÓN CENTRO-NORTE COSTERA DE VENEZUELA

### BEHAVIOR PHENOLOGICAL OF THE ANTILLEAN RACE OF AVOCADO IN COASTAL REGION CENTRO-NORTE OF VENEZUELA

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

\*Investigadores y \*\*Técnicos Asociados a la Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP).  
Apdo. Postal 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: lavilan@hotmail.com, avilan@telcel.net.ve

#### RESUMEN

En una población de 29 árboles mayores de 10 años de cultivares de aguacate *Persea* spp., de la raza Antillana localizado en un bosque seco tropical, fue descrito el comportamiento fenológico, luego relacionado con los regímenes de temperatura y precipitación durante 3 ciclos 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. Un ciclo anual de producción se inicia la última semana de julio (semana 1) y culmina la penúltima de julio del siguiente año (semana 52). Tres flujos de crecimiento fueron establecidos en cada ciclo y estuvieron asociados a los meses de mayor precipitación, julio-agosto a noviembre al inicio y de abril a julio al final de los mismos. El inicio de la floración (IF) ocurrió entre las semanas 16 a la 21 correspondientes a los meses finales del año (noviembre y diciembre). La duración fue muy variable, desde los 77 días en el ciclo 1 hasta 133 días en el ciclo 2 y la máxima intensidad se presentó entre las semanas 25 a 30 (enero-febrero). Las temperaturas mínimas de 20 °C y 19 °C fueron las de mayor frecuencia en los 3 meses que precedieron IF, presentando diferencias significativas entre los estratos considerados y representaron en su conjunto entre el 48,6% y 57,7%. En los 3 meses antes del IF hubo una abundante precipitación, desde 329 hasta 557,5 mm. El período de fructificación varió de 4,2 a 7 meses de duración.

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

#### SUMMARY

The phenological behavior of cultivars of avocado, *Persea* spp. West Indian race, was described in a population of 29 trees older than 10 years, located in a tropical dry forest area at 450 m.a.s.l. The phenology was associated to the temperature and rainfall during the crop cycle between the years 2002 and 2005. The beginning, duration, and intensity of the events were established by the appearance of the corresponding structures in each phase, and when it covered around 5% of the canopy in 30% of the trees. There were three growing fluxes, and their development were associated to the most rainfall month (april to november). The first growing flux preceded flowering. The beginning of flowering occurred at the end of the year (november, december) and it was characterized by having the longer period of time (from 77 to 133 days) and high intensity (80 to 90%), and it was related to the occurrence of days with minimum temperatures of 20 °C and 19 °C. The accumulated rainfall during the period of floral induction varied from 375.8 to 567.6 mm and was partially or totally absent during flowering. The fructification period last from 4.2 to 7 month.

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

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

## INTRODUCCIÓN

Los aguacates de la raza Antillana (Ant) por su lugar de origen se considera poseen los mayores atributos de adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de las regiones productoras del país (Avilán *et al.*, 1980). Williams citado por Barrientos-Priego y López-López (1998) asume que se originó en algún lugar entre las montañas y tierras bajas del este-central de México, y que le dio origen por selección el aguacate Mexicano. Otros asocian su origen con el 'Chinini' (*Persea schiedeana*) al encontrar ciertos patrones de ADN ribosomal de Chinini en algunos aguacates de la raza Ant (Barrientos-Priego y López-López, 1998). El 'Chinini' o 'Coyo' o "Aguacate de monte" es importante por presentar resistencia a la pudrición de la raíz o Tristeza causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*, principal factor limitante del cultivo a nivel mundial, y el mismo presenta compatibilidad en las combinaciones patrón injerto con Ant (García, 1972; Ploetz *et al.*, 1989).

Barrientos-Priego y López-López (1998) destacan que los estudios de taxonomía numérica, diagrama de dispersión e isoenzimas han encontrado una mayor relación filogenético entre los cultivares de la raza Ant y Guatemalteca (Guat) que entre los Ant y Mexicana (Mex.). Así mismo, añade que los análisis de los alcanos de las hojas indican que los aguacates de la raza Guat y Mex se separan bien de la raza Ant. Buffer y Ben-Ya'acov citado por Barrientos-Priego y López-López (1998) al analizar la variación en la repetición de longitud y sitios de restricción de ADN ribosomal en las hojas de las tres razas determinaron que existe una ligera mayor relación filogenético entre la raza Guat y Ant, aunque las tres razas son prácticamente equidistantes entre si de acuerdo al análisis mediante RAPD en ADN.

Los árboles de la raza Ant se caracterizan por tener la corteza del tronco acanalada, un lapso de flor a fruto bastante corto, el pedicelo cilíndrico en casi toda su longitud que se ensancha en planchuela (forma de cabeza de clavo) en el punto de adherencia al fruto, fruto de tamaño con tendencia a grande, de ligero sabor y frecuentemente dulce, contenido de aceite bajo, un 10%, y el período entre la floración y la recolección variable de 5 a 8 meses (Barrientos-Priego y López-López, 1998; Rodríguez Suppo, 1982). Los cultivares Waldin, 'immondsy' ilson Popenoe por sus cualidades y niveles de producción destacan dentro de los aguacates representativos del grupo (Avilán *et al.*, 1997).

Aubert y Lossois (1972) destacan que una característica importante en el desarrollo del aguacatero es su período

de crecimiento, el cual se puede extender de 8 a 10 meses. Las descripciones del comportamiento fenológico de híbridos de las razas GxA y cultivares e híbridos de la raza Méx en la región centro norte costera de Venezuela (Avilán *et al.*, 2005 y 2007) caracterizada como Bosque seco tropical han determinado en líneas generales, que el número de flujos de crecimiento fueran variables, de 2 a 4 en los Guat x Ant, y de 3 a 5 en los cultivares e híbridos Mex, n la región centro norte costera de Venezuela (Avilán *et al.*, 2005 y 2007) caracterizada como bosque seco tropical han determinado en líneas generales, que el número de flujos de crecimiento fueran variables de 2 a 4 en los Guat x Ant, y de 3 a 5 en los cultivares e híbridos Mex asociados a los meses de mayor precipitación (agosto-octubre y mayo) así como, el primer flujo antecedió y/o acompañó a la floración.

Avilán y Rodríguez (1995) al evaluar la ocurrencia de la floración, cada 7 d, en 261 árboles de aguacate representativos de 87 cultivares y un elevado número de híbridos (3 árboles / variedad y/o híbrido) pertenecientes a los grupos raciales Mex, Ant y Guat en la región centro norte de Venezuela, señalan que independiente del grupo racial o interracial que se trate la mayor ocurrencia de floración se presentó de noviembre a marzo, representando el 80% del total de las 845 floraciones observadas durante los 4 ciclos consecutivos comprendidos entre 1989 y 1993. Durante el mes de junio no fue determinada ninguna floración. Añaden que la diferencia entre la potencial ocurrencia de 1 044 floraciones y las 845 observadas en el período de estudio, evidencian la acentuada vejería en el proceso productivo que caracteriza a este frutal.

En relación al inicio de la floración (IF) en la misma localidad, las descripciones del comportamiento fenológico efectuado en cultivares e híbridos de la raza Mex y Guat x Ant; Avilán *et al.* (2005 y 2007) señalan, que ocurrieron en los meses finales del año (septiembre-noviembre) y los períodos fueron de duración e intensidad de participación de la población y cobertura de las copas muy variable. En los Guat x Ant la duración fue de 10 a 25 semanas con una intensidad de cobertura del 80% a 90%, mientras en los cultivares e híbridos Mex, de más larga duración (20 a 29 Semanas) y baja intensidad de cobertura (25% a 50%).

En cuanto al comportamiento floral de: diantesis (doble apertura), protogínea (primera apertura lo efectúa el órgano femenino), diurna (ambas aperturas ocurren en el día), sincronía (en un momento dado las flores de un

cultivar están actuando como femeninas -estigma receptivo- y las flores de otro lo están haciendo como masculina-liberando polen- y viceversa) y dicogamia (una consecuencia de lo anterior) evaluado en la región centro norte de Venezuela, Avilán *et al.* (1996) destacan que las temperaturas elevadas durante el período de floración de 28 °C a 33 °C, inciden para que la sincronía floral se cumpla de acuerdo a lo establecido para los tipos 'A' y 'B'; así como no afectaron la apertura de las flores presentándose bajo estas condiciones el mayor número de ellas. Esto evidencia la adaptación de los materiales pertenecientes a la raza Ant, como de los híbridos interraciales Guat x Ant a los climas calientes.

Según Gaillard (1987) el período de floración es muy variado en función de los cultivares y las condiciones climáticas, ocurriendo normalmente durante las estaciones secas donde las temperaturas también son frecuentemente bajas. La iniciación o inducción floral (iF) se produce alrededor de dos meses antes de la floración (IF) y las temperaturas inferiores a 25 °C son esenciales ya que la transición de la yema de vegetativa a floral en el aguacate ocurre generalmente entre los 15 °C y 25 °C (Chaikiattiyos *et al.*, 1994).

Un período de reposo según Salazar-García *et al.* (1998) no es un prerrequisito para el desarrollo de la inflorescencia, y determinaron en el cultivar Hass que el mismo estaba bien correlacionada con el número de días con temperatura mínima de  $\leq 15$  °C. El déficit hídrico de acuerdo a Chaikiattiyos *et al.* (1994) reduce el crecimiento, pero no induce la floración, aunque el número de flores se incrementa con la severidad y duración del estrés hídrico.

El período de fructificación es característico de cada cultivar, variando en los de raza Ant según Valmayor (1967) entre 5 y 8 meses, ocupando los híbridos interraciales generalmente una posición intermedia. Gaillard (1987) destaca que el ciclo productivo se acorta en la medida que las temperaturas son más elevadas. En la región centro norte costera de Venezuela (Avilán *et al.*, 2005 y 2007) caracterizada como bosque seco tropical el período de fructificación en los cultivares e híbridos de la raza Mex estuvo alrededor de los 4 meses de duración; mientras los Guat x Ant de 6 a 6,5 meses.

En el país las condiciones agroecológicas son propicias para la explotación comercial del aguacate (Avilán *et al.*, 1980) sin embargo, los niveles de producción generalmente bajos ( $< 4,5$  t ha<sup>-1</sup>) inciden en la baja rentabilidad y la escasa adopción de tecnologías para mejorar

la productividad del cultivo, por ello para mejorar la productividad a través de la modificación y/o introducción de nuevas técnicas en el manejo agronómico del cultivo, es indispensable un adecuado conocimiento del desarrollo de la planta. En el estudio se describió y se relacionó con las condiciones climáticas el comportamiento fenológico de una población de cultivares de la raza Ant, de interés comercial muy difundidos en el país 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 29 árboles pertenecientes a la colección de aguacates del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA) de cultivares de la raza Ant, con más de 10 años de edad constituida por 8 de 'Simmonds', 4 'Waldin', 3 'Catalina', 5 'Barker', 4 'Marty', 4 'Wilson Popenoe' y 1 'Araira-2'; considerando un comportamiento muy similar y/o con diferencias no consistentes en las 109 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 localizada 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 1000 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 cuantifico 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 29 árboles de la población, desde la semana 1 (29 de julio al 4 de agosto del 2002) del Ciclo 1 de manera ininterrumpida registros quincenales y/o semanales 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 de participación y/o mayor % de cobertura de la copa.

**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 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 floración en los diferentes ciclos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento

En cada uno de los CAP (Cuadro 1) fueron determinados 3 flujos de crecimiento, el primero con ocurrencia al inicio del ciclo y caracterizado por su prolongada duración (5 a 11 Semanas), mientras los restantes con

ocurrencia a mediados y al final del mismo de escasa duración (1 a 3 semanas). La mayor participación de la población en los ciclos 1 y 2 ocurrió en el primer flujo, 74,1% y 51,7%, respectivamente; mientras la participación en el segundo y tercer flujo varió entre el 34% y el 44%. En el ciclo 3 la participación de la población en los tres flujos fue más uniforme variando entre el 50,8% y el 62,5%. En relación al proceso de floración el primer flujo solamente lo anticipo, a diferencia de los Guat x Ant y cultivares e híbridos de Mex que lo anticiparon y acompañaron.

La ocurrencia de los flujos en general estuvo asociada a los meses de mayor precipitación (Cuadro 2) para la zona, de julio-agosto a noviembre al inicio de los CAP, y de abril a julio al final de los mismos. Similar comportamiento fue observado por Avilán *et al.* (2005 y 2007) en los cultivares e híbridos Mex y Guat x Ant en la misma época y lugar; aunque en el número de flujos difieren, mientras en los Guat x Ant variaron de 2 a 4, en los Mex de 3 a 5.

Durante el transcurso de las observaciones fueron determinados traslapes o sobre posiciones en períodos y eventos. El solapamiento por un flujo de crecimiento ocurrió entre los ciclos 1 y 2 del (Cuadro 1). El final del 3er flujo en el ciclo 1 (por la metodología utilizada) se estableció en la semana 52 (20 al 26 julio 2003), aunque el crecimiento del mismo continuo (Cont.), constituyéndose en la semana 1 (27 julio al 2 agosto 2003) del ciclo 2. Otros solapamientos fueron observados entre las fases de crecimiento y fructificación a mediados y al final de los diferentes CAP. Así por ejemplo el 3er flujo de crecimiento del ciclo 2, y 2do del ciclo 3, ambos determinados en la semana 44 (16 al 22 mayo 2004 y 15 al 21 mayo 2005) ocurre de manera simultánea con el proceso fructificación.

### Floración

El IF para los diferentes CAP ocurrieron (Cuadro 3) entre las semana 16 a la semana 21 correspondientes a los meses finales del año (noviembre y diciembre). La duración del proceso así como el número de árboles de la población (%) involucrados fue muy variable, desde las 11 semanas (77 días) en el ciclo 1 con el 37,5% hasta las 19 semanas (133 días) y el 58% durante el ciclo 2. La máxima intensidad de participación de la población en la floración para los diferentes CAP se presentó entre las semanas 25 a la 33 correspondientes a los dos primeros meses del año (enero-febrero), donde con mayor frecuencia se presentan los días con temperaturas iguales y/o inferiores a los 20 °C del año

(Cuadro 4). Las temperaturas iguales o inferiores a los 23 °C son esenciales para florecer según Chaikiattiyos *et al.* (1994).

La época del IF establecida en comparación a la de los Guat x Ant y cultivares e híbridos de Mex indica que fueron muy similares, concordando con lo determinado para los diferentes grupos por Avilán y Rodríguez (1996) en el mismo lugar. Estos señalaron que los materiales de los grupos Mex y Ant como sus híbridos interraciales con el grupo Guat (Guat x Ant y Guat x Mex.) son más precoces en el proceso de floración que los cultivares pertenecientes al grupo Guat y los híbridos resultantes del cruzamiento Ant x Mex.

El análisis de la frecuencia de días con temperaturas mínimas entre 16 °C y 22 °C efectuado en la misma localidad y época, en los meses de agosto septiembre y octubre que precedieron el IF de los ciclo 2 (2003-2004) y ciclo 3 (2004-2005), lapso dentro del cual se estima ocurre la inducción floral (iF), presentó diferencias significativas (Avilán *et al.*, 2005). Los 20 °C y 19 °C fueron los de mayor frecuencia, representando en su conjunto entre el 48,6% y 57,7% de los estratos considerados. Estos resultados concuerdan con quienes sustentan como Buttrose y Alexander (1978) y Chaikiattiyos *et al.* (1994) que la ocurrencia de temperaturas mínimas menores a 20 °C son esenciales para promover la iF.

**CUADRO 1.** Semana de inicio, final y duración del crecimiento (1) y % de la población (2) participante durante los ciclos de producción (2002 al 2005).

Ciclo (3)	Semana de Inicio	Semana Final	Duración Semanas	% (2) Población
1	1era Semana 1 (22 a 28 julio 2002)	Semana 11 (30 septiembre al 2 octubre 2002)	11	74,1
	2da Semana 42 (4 al 10 mayo 2003)	Semana 42 (4 al 10 mayo 2003)	1	39,7
	3era Semana 51 (13 al 19 julio 2003)	Semana 52 (20 al 26 julio 2003)Cont. (5).	2	44,8
2	1era Semana 1 (27 julio al 2 agosto 2003)	Semana 10 (21 al 27 septiembre 2003 )	5	51,7
	2da Semana 17 (9 al 15 noviembre 2003 )	Semana 17 (9 al 5 noviembre 2003)	1	34,4
	3era Semana 44 (16 al 22 mayo 2004)	Semana 44 (16 al 22 mayo 2004)	1	34,4
3	1era Semana 2 (25 al 31 Julio 2004)	Semana 10 (19 a 25 septiembre 2004)	9	50,8
	2da Semana 44 (15 al 21 mayo 2005)	Semana 44 (15 al 21 mayo 2005)	1	57,1
	3era Semana 49 (19 al 25 junio 2005)	Semana 51 (3 al 9 julio 2005)	3	62,5

(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) % población= por ciento promedio de la población participante.

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

(4) 1er: primer flujo; 2do: segundo flujo; 3ero: tercer flujo.

(5) Cont.: continuación.

**CUADRO 2.** Precipitación (m.m) durante los tres ciclos anuales de producción (2002 al 2005) (1,2).

Meses	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
Julio	67,3	135,9	122,9
Agosto	128,2	229,3	170,2
Septiembre	139,3	144,0	177,4
Octubre	72,6	194,3	107,2
Noviembre	37,1	201,3	87,5
Diciembre	0,6	6,7	17,8
Enero	0,0	0,0	67,5
Febrero	0,0	0,0	24,1
Marzo	0,0	0,0	0,0
Abril	84,1	77,9	76,3
Mayo	146,0	172,1	80,8
Junio	82,7	82,7	---
<b>Total</b>	<b>757,9</b>	<b>244,2</b>	<b>931,7</b>

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

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

La mayoría de los registros de las temperaturas máximas diarias (Cuadro 5) durante los meses de agosto, septiembre y octubre previos al IF del ciclo 3 (2004-2005) se ubicaron entre los 31°C y 32 °C, superiores a los 25 °C señalado como inhibidora de la iF (Buttrose y Alexander, 1978); sin embargo, el nivel de participación en el proceso fue del 60,7% de la población. Similar respuesta fue obtenida en los cultivares e híbridos de Méx y en Guat x Ant donde los porcentajes de participación de la población fueron respectivamente del 88% y 69,2%.

Así mismo, vale destacar que durante el proceso de floración se apreció una abundante cobertura de flores en la copa, similar a la observada en la misma época y lugar en Guat x Ant del 80% al 90% (Avilán *et al.*, 2005). En los cultivares e híbridos Méx la intensidad de cobertura fue baja variando entre el 25% al 50% (Avilán *et al.*, 2007). En relación al comportamiento floral evaluado en la misma localidad, Avilán *et al.* (1996) destacan que las temperaturas elevadas durante el período de floración de 28 °C a 33 °C, inciden para que la sincronía floral se cumpla de acuerdo a lo establecido para los tipos 'A' y 'B'; así como no afectaron la apertura de las flores, presentándose bajo estas condiciones el mayor número de ellas.

**CUADRO 3.** Semanas de inicio, duración (1) y época de máxima floración (2), % de árboles de la población (3) participante del grupo antillano durante los ciclos de producción 2002 al 2005.

Ciclo(4)	Semana Inicio Floración	Semana Final Floración	Total semanas	Población	% Semanas de Máxima floración
1	Semana 21 (9 al 15 diciembre 2002)	Semana 31 (15 al 21 febrero 2003)	11 (77 días)	37,5	Semana 25 y 26 (5 al 18 enero 2003) (44%)
2	Semana 16 (2 al 8 noviembre 2003)	Semana 34 (7 al 13 marzo 2004)	19 (133 días)	58,1	Semana 25 a 30 (4 enero a 14 febrero 2004) (72,4%)
3	Semana 19 (21 a 27 noviembre 2004)	Semana 35 (13 al 19 marzo 2005)	16 (112 días)	60,7	Semana 25 a 29 (2 enero a 5 febrero 2005) (71,4%)

(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) época máxima floración = cuando la población alcanza el mayor porcentaje (%)

(3) % población= por ciento promedio de la población participante

(4) 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, respectivamente, en los ciclos 2 (2003- 2004) y ciclo 4 (2004-2005) según (1,2,3).

Mes	>14°≤15°	>15°≤16°	>16°≤17°	>17°≤18°	>18°≤19°	>19°≤20°	>20°≤21°	>21°≤22°	>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
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

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

(2) Cada ciclo anual de producción (CAP) se inicia en la última semana del mes de julio (semana 1) y culmina en la penúltima semana del mes de julio (semana 52) del siguiente año

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

**CUADRO 5.** Número de días con temperaturas iguales o superiores a 25 °C durante los tres meses anteriores al IF en el ciclo 3 (2004-2005).

Ciclo	Mes	Temperatura °C									
		>26	>27	>28	>29	>30	>31	>32	>33	>34°	>35°
Ciclo 3	agosto	1	2	2	10	14	28	27	6	0	0
	septiembre	1	2	1	3	10	16	22	5	0	0
	octubre	1	1	1	1	3	6	13	4	0	0

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

(2)Ciclo 3: 2004-2005

Esto evidencia la adaptación de los materiales pertenecientes a la Ant como los híbridos interraciales Guat x Ant a los climas calientes. Según Davenport (1986) los materiales Mex muestran inhibición a las altas temperaturas.

Según Gaillard (1987) un déficit hídrico de corta duración es beneficioso para la iF, especialmente en los climas tropicales donde el descenso de la temperatura no es suficiente para detener el desarrollo vegetativo. Por su parte, Chaikiattiyos *et al.* (1994) señala que el déficit hídrico por si solo no induce la floración, siendo necesario la ocurrencia de un estrés térmico causado por temperaturas bajas inferiores o iguales a los 20 °C.

En el Cuadro 6 se presenta la precipitación acumulada en los 90, 60 y 30 d antes del IF, lapso dentro del cual se presume ocurre la iF en los 3 CAP. La precipitación acumulada varió entre 329 y 557 mm y una ocurrencia de días sin precipitación (0 mm.) entre el 56,6% y el 41,1%, respectivamente. En relación al total anual de la precipitación (Cuadro 2), la acumulada durante este período representó entre el 46,4% y el 27,4%.

Esto evidencia que el proceso de floración ocurre con la presencia lluvias y/o humedad, lo cual si bien puede favorecer la ocurrencia de enfermedades, un estrés

hídrico, durante el proceso y posterior al mismo, puede causar problemas en función a la alta demanda de la planta. Whiley *et al.* (1988) destacan que durante esta 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.

### Fructificación

El período de fructificación que algunos investigadores denominan Floración + Cuajado (Cull, 1986) determinado en los 3 CAP, varió de 4,2 a 7 meses, lapso concordante con el señalado por Valmayor (1967) de 5 a 8 meses para los cultivares del grupo. Las variaciones determinadas en lo CAP (Cuadro 7) están asociadas con la duración de los períodos de floración y el % de la población participante (Cuadro 3). En el Ciclo 1, la floración tuvo una duración de 11 semanas con una participación del 37,5% de la población, la duración de la fructificación fue de 18 semanas en una población participante del 40,0%. Mientras en los ciclos 2 y 3 la floración duro 19 y 16 semanas, con poblaciones participantes del 58,1% y 60,7%, respectivamente, acarreado que los períodos de fructificación fueran de 30 y 25 semanas.

**CUADRO 6.** Precipitación (mm) durante los 90, 60 y 30 días que precedieron del inicio de la floración<sup>(1)</sup>.

Ciclo (2)	Días antes inicio Floración	Días de precipitación			Total m.m.
		> 1, 0 m.m.	< 1, 0 m.m.	0 m.m.	
1	90	35	4	51	329,0
	60	21	3	36	199,1
	30	9	2	19	76,1
2	90	41	12	37	557,5
	60	27	9	24	361,6
	30	14	4	12	195,4
3	90	39	5	46	402,4
	60	26	1	33	271,7
	30	9	1	20	106,1

<sup>(1)</sup> Registros climáticos de la Estación CENIAP, Latitud 10°17', Longitud 63°17'. Altitud 455 m.s.n.m.

<sup>(2)</sup> Ciclo 1 =2002-2003, Ciclo 2 = 2003-2004, Ciclo 3 =2004-2005

**CUADRO 7.** Semana de inicio, final y duración (1), % de árboles de la población (2) de la raza Antillana durante el fructificación en los Ciclos de producción 2001 al 2005(2).

Ciclo (3)	Semana Inicial	Semana Final	Duración Semana	% (2) Población
1	Semana 25 (5 al 11 enero 2003)	Semana 42 (4 al 10 mayo 2003)	18 (4,2 meses)	40,0
2	Semana 21 (7 al 13 diciembre 2003)	Semana 51 (4 al 10 julio 2004)	30 (7 meses)	71,2
3	Semana 25 (2 al 8 enero 2005)	Semana 51 (3 al 9 junio 2005)	25 (5,8 meses)	71,9

(1) Cada ciclo anual de producción (CAP) se inicia en la última semana del mes de julio (Semana 1) y culmina en la penúltima semana del mes de julio (Semana 52) del siguiente año

(2) % población=) por ciento promedio de la población participante

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

En este mismo lugar y época Avilán *et al.* (2005 y 2007) determinaron que el período de fructificación para cultivares e híbridos de la raza Mex estuvo alrededor de los 4 meses de duración; mientras en Guat x Ant de 6 a 6,5 meses. Destacan que el acortamiento de los períodos en relación a los señalados en la literatura, está asociado al régimen de temperaturas altas característico de la región. Estos resultados son concordantes con la cantidad de grados-días establecidos por Avilán y Rodríguez (1995) para los diferentes grupos o razas de aguacates plantados en la misma localidad. Constataron que los Mex y Ant para completar su ciclo de fructificación requerían entre 1 963 y 2 852, los Guat entre 3 848 y 4 254, y los híbridos interraciales un valor intermedio de grados-días, respectivamente.

### CONCLUSIONES

- En cada CAP fueron determinados tres flujos de crecimiento, el primero al inicio del ciclo y caracterizado por su prolongada duración (5 a 11 semanas), mientras los restantes a mediados y al final del mismo de escasa duración (1 a 3 semanas); en general asociados a los meses de mayor precipitación para la zona. El primer flujo solamente lo anticipó al proceso de floración.
- Los IF ocurrieron entre las semana 16 a la semana 21 correspondientes a los meses finales del año (noviembre y diciembre), de duración muy variable, desde 77 d en el ciclo 1 hasta los 133 d durante el ciclo 2.

- La máxima intensidad de participación de la población en la floración para los diferentes CAP se presentó entre las semanas 25 a la 33 correspondientes a los 2 primeros meses del año (enero-febrero), donde con mayor frecuencia se presentan las temperaturas mínimas mensuales promedio más bajas del año.
- Las temperaturas mínimas de 20 °C y 19 °C fueron las de mayor frecuencia en los 30, 60 y 90 d que precedieron el iF, presentando diferencias significativas y representaron en su conjunto entre el 48,6% y 57,7% de los estratos considerados.
- Las temperaturas máximas diarias durante los meses previos al IF del ciclo 3 se ubicaron entre los 31 °C y 32 °C, superiores a los 25 °C señalado como inhibidora de la iF, sin embargo, el nivel de participación en el proceso fue del 60,7% de la población.
- En los 90 d que precedieron el IF hubo una abundante precipitación, desde 329 hasta 557,5 mm y una ocurrencia de días sin precipitación (0 mm.) entre el 56,6% y el 41,1%, respectivamente.
- El período de fructificación varió de 4,2 a 7 meses de duración.

### 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, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2007. Fenología de cultivares e híbridos de aguacate de la raza Mexicana en la región centro-norte costera de Venezuela. *Agronomía Trop.* 57(2):89-98.
- Avilán, L., E. Soto, M. Pérez, C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Comportamiento fenológico híbridos guatemalteca por antillano de aguacate en la región centro-norte de Venezuela. *Agronomía Trop.* 55(4):535-551.
- Avilán, L., F. Leal y D. Bautista. 1997. El aguacatero, principios y técnicas para su producción. Caracas. Venezuela. Espasande Editores. S.R.L. 380 p.
- Avilán, L. y M. Rodríguez. 1997. Descripción y evaluación de la colección de aguacates (*Persea* spp.) del CENIAP. Maracay, Ven. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias; IICA/CreA/PROCIANDINO/FRUTEX. 92 p. (Serie A N° 12).
- Avilán, L., M. Rodríguez y J. Ruiz. 1996. Comportamiento floral de aguacate en Venezuela. *Agronomía Trop.* 46(3):275-287.
- Avilán, L. y M. Rodríguez. 1995. Época de floración y cosecha del aguacate en la región norte de Venezuela. *Agronomía Trop.* 45(1):35-50.
- Avilán, L., E. Escalante, F. Leal y M. Figueroa. 1980. Áreas potenciales para el desarrollo de diferentes especies frutícolas en el país. I Aguacate. *Agronomía Trop.* 30(1-6):105-113.
- Barrientos-Priego, A. y L. López-López. 1998. Memorias Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, Coatepec Harinas. México. pp. 33-51.
- 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.
- Cull B. 1986. A phonological approach to tree crop productivity. *Acta Horticulturae.* 175:151-156.
- Davenport, T. 1986. Avocado flowering. *Horticultural Review* 8:257-289.
- 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.
- García, A. 1972. Cytogenetical studies in the genus *Persea* (Laureacea). 1 Karidogyof seven species. *Canadian Genetical Cytology.* 17:173-180.
- Gaillard, J. 1987. L'avocatier sa culture, ses produits. France. G.P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T. 419 p.
- Ploetz, R., J. Ramos, J. Parrado, B. Shaffer and S. Lara. 1989. Performance of clonal avocado rootstocks in Dade County, Florida. *Proceedings Florida State Horticultural Society.* 102.234-236.
- 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. and C. Lovatt. 2000. Use of GA3 to manipulate flowering and yield of 'Hass' avocado. *Journal American Society Horticultural Science.* 125(1):25-30.
- 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.

## ACUMULACIÓN DE BIOMASA SECA EN DIFERENTES ÓRGANOS DE LA PLANTA DE ARROZ EN CONDICIONES DE DÉFICIT HÍDRICO

### DRY MASS ACCUMULATION OF DIFFERENT ORGANS OF THE RICE PLANT UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

Aymara García\*, Maydelín Dorado\*\*, Isel Pérez\*\*, Reinaldo Cun\*, Teresa López\* y Eugenio Montilla\*\*\*

\*Investigadores. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD). Camilo Cienfuegos y Calle 27. Arroyo Naranjo. Apdo. 6090. Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: aymara@iird.cu

\*\*Investigadores. Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 2 y 1. Santiago de las Vegas, Ciudad de La Habana, Cuba.

\*\*\*Investigador. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP). Universidad de Los Andes. Sector Santa Rosa. Mérida, Venezuela. Código postal: 5101. E-mail: eugmonti@ula.ve.

#### RESUMEN

El estudio evaluó el efecto del déficit hídrico inducido en la etapa de macollamiento sobre la acumulación de biomasa seca en diferentes órganos de la planta de arroz, *Oryza sativa* L., cv Jucarito 104, cultivada en dos épocas de siembra, seca y lluvia. La suspensión del riego en la etapa de máximo macollamiento en cada época, se reflejó en el contenido relativo de agua (CRA) de las hojas y en la humedad volumétrica en el suelo en relación al tratamiento de inundación. Desde los 10 días después de la antesis (10 DDA) a la madurez, las mayores reducciones en la duración de la biomasa (DB) se obtuvieron en la vaina de la hoja bandera (HB) y el macollo principal (MP) de las plantas con déficit hídrico. Esta etapa coincidió con el incremento de la DB de la panícula. Los resultados permiten concluir que en condiciones de déficit hídrico, el llenado de las panículas depende esencialmente de los fotoasimilados de reserva acumulados en la vaina de la HB y el MP. En la época lluvia, una mayor duración del área foliar (DÁF) del MP posibilita una mayor DB de la lámina y la vaina de la HB, pero la DB de la panícula fue menor que en la época seca. Esto sugiere que las condiciones climáticas influyen sobre la partición de los fotoasimilados de reserva para contribuir al rendimiento de las plantas en estas condiciones.

**Palabras Clave:** Arroz; biomasa seca; déficit hídrico; *Oryza sativa* L.

#### SUMMARY

The present study evaluated the effect of water deficit at tillering stage on dry biomass accumulation in different organs of rice plants, *Oryza sativa* L. cv. Jucarito-104, cultivated in two sowing dates, dry and wet seasons. Water deficit imposed at maximum tillering stage was reflected in the relative water content of the leaf and volumetric water content of the soil in comparison to the flooded treatment. From 10 days after anthesis to maturity, high reductions in the biomass duration were obtained in the flag leaf sheath and main stem in plants from water deficit treatment. This stage coincided with the increment of biomass duration of panicles. The results allowed to conclude that under conditions of water deficit, the panicle filling depends essentially from photoassimilate stored in main stem and flag leaf sheath. In the wet season, a high duration of leaf area allowed higher biomass duration of main stem and of the flag leaf sheath than in the dry season. This suggests that the climatic conditions has influence on the partition of photoassimilates to contribute to the yield of the plants under these conditions.

**Key Words:** Rice; dry biomass; water deficit; *Oryza sativa* L.

## INTRODUCCIÓN

El déficit hídrico (DH) constituye el factor abiótico de mayor incidencia sobre el crecimiento y el desarrollo del arroz (Pirdashti *et al.*, 2004; Kato *et al.*, 2007). En Cuba, la inestabilidad en el suministro de agua de riego disminuye la disponibilidad de agua, y ésta es una de las principales causas que inciden negativamente sobre el rendimiento de este cultivo (Polón *et al.*, 2001; Alfonso *et al.*, 2001).

Por tal razón, la búsqueda de otras alternativas que permitan un uso más eficiente del agua disponible y el incremento del rendimiento ante el DH, es una opción importante para reducir los efectos de una deficiencia de agua en el suelo. En este sentido, el estudio de los factores fisiológicos que limitan el rendimiento, se considera un aspecto fundamental que contribuiría de forma significativa a incrementar la productividad principalmente en las áreas con problemas de disponibilidad de agua.

Los fotoasimilados de reserva se consideran como una forma temporal de acumular productos fotosintéticos que, posteriormente se translocan hacia los granos para la formación del rendimiento (Hirano *et al.*, 2005). La acumulación de fotoasimilados, ha sido determinado en varios órganos de la planta de arroz tales como en la hoja bandera, las vainas foliares, y el macollo principal, para conocer su distribución y contribución al rendimiento ante diferentes factores abióticos (Okawa *et al.*, 2003; He *et al.*, 2005; Yang y Zhang, 2006). Sin embargo, pocos estudios se han informado acerca de la influencia del DH inducido en la etapa de macollamiento sobre la distribución y partición de los fotoasimilados en estas plantas. Una mayor acumulación y partición de los fotoasimilados pudiera contribuir a incrementar el rendimiento de las plantas en condiciones de DH.

En Cuba, el arroz se siembra en condiciones de inundación en dos épocas de siembra fundamentalmente, frío o seca que comprende los meses entre diciembre y febrero, y primavera o lluvia desde abril a julio. En los últimos años aunque varios autores han demostrado las ventajas de la suspensión temporal del riego en la etapa de crecimiento vegetativo del arroz (Polón y Castro, 1999; IIA, 2001), aún no se cuenta con suficiente información acerca de la distribución, la partición y la contribución de los fotoasimilados de reserva ante estas condiciones.

Por lo que, el objetivo del trabajo consistió en, determinar el efecto del DH inducido en la etapa de

macollamiento sobre la distribución de la biomasa seca en diferentes órganos de la planta de arroz, y su posible contribución al llenado de las panículas en estas condiciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal:** en este trabajo se estudió la variedad cubana de arroz "Jucarito 104", *Oryza sativa* L., que se caracteriza por un alto potencial de rendimiento en condiciones de inundación. Las semillas utilizadas se obtuvieron del Instituto de Investigaciones del Arroz (IIA) de Cuba.

**Condiciones de cultivo:** los experimentos se llevaron a cabo en áreas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical en Santiago de las Vegas en la Ciudad de La Habana (INIFAT; latitud 22° 8'N y longitud 82° 4' W).

Las semillas utilizadas se esterilizaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 20 min y, se colocaron en placas Petri con agua destilada sobre papel de filtro como soporte para su germinación hasta que emergieron la radícula y primera vaina foliar desde el coleóptilo (Counce *et al.*, 2000).

Tres semillas pre-germinadas se sembraron de forma directa en cada maceta (0,25 m de diámetro, 0,31 m de altura y 10 kg de capacidad), que contenía suelo Gley Vértico Crómico - Nodular Ferruginoso típico (MA, 1995) proveniente de las áreas del IIA. Las plantas crecieron en condiciones de macetas para un mejor control de la suspensión del riego y éstas se colocaron al aire libre.

El suelo se preparó por el método de fangueo (mezcla de suelo y agua). Las siembras se hicieron en febrero de 2002 (época seca) y abril de 2003 (época lluvia), fechas recomendadas para el cultivo del arroz en Cuba por IIA (2001). Cuando las plantas alcanzaron una edad foliar de tres hojas, se dejó una planta por maceta para un área vital de 0,07 m<sup>2</sup> por planta.

La dosis de fertilizantes aplicada fue de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma de urea, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. El fertilizante nitrogenado se aplicó en tres fraccionamientos en el inicio del macollamiento, máximo macollamiento y en el cambio de primordio (IIA, 2001). En la variedad estudiada estas etapas ocurren a los 30, 60 y 85 días después de la siembra (DDS).

**Durante las fases vegetativa, reproductiva y maduración, se registraron las variables climáticas:** temperatura máxima y mínima (°C) y las precipitaciones (mm); tomadas de la Estación Meteorológica del INIFAT.

**Tratamientos de humedad en el suelo y diseño experimental:** el riego para la germinación y el crecimiento inicial de las plantas se realizó según lo descrito por el IIA (2001). El riego por inundación se estableció a los 15 DDS con un volumen inicial de agua de 9 l por maceta. Posteriormente, el riego se efectuó para mantener una lámina de agua de 50 mm por encima de la superficie del suelo. Se establecieron dos tratamientos de humedad en el suelo en cada época de siembra, control y DH.

En el tratamiento control las plantas de 50 macetas (repeticiones) se mantuvieron en condiciones de inundación durante todo ciclo de desarrollo del cultivo hasta 15 días antes de la cosecha. En el tratamiento de DH, éste fue provocado por la suspensión del riego por 15 d (IRRI, 2002) en 50 plantas (repeticiones) durante la etapa de máximo macollamiento. En la época seca (2002), el riego se suspendió a los 57 DDS y en la época de lluvia (2003) a los 50 DDS. La condición de DH se consideró cuando las plantas mostraron las hojas totalmente enrolladas (Polón y Castro, 1999) y cuando la lámina de agua disponible se redujo por debajo de 85% de la Capacidad de campo (Cc; Alfonso, 1998). Las macetas se distribuyeron según el diseño completamente aleatorizado.

**Evaluación del contenido relativo de agua (CRA) y la humedad en el suelo:** El CRA (%) se determinó en las hojas de 5 plantas de cada tratamiento. Para ello se evaluó la biomasa turgente, que se alcanzó colocando la parte aérea en una cámara húmeda con agua destilada a 8 °C en la oscuridad por 24 h. El CRA (%) se calculó mediante la fórmula 1 desarrollada por Sánchez-Díaz y Aguirreolea (2001):

$$\text{CRA} = \frac{(\text{Masa fresca} - \text{Biomasa seca})}{(\text{Masa turgente} - \text{Biomasa seca})} \times 100 \quad \text{Fórmula 1}$$

El contenido de humedad en el suelo se monitoreó con una sonda electromagnética, cuyo principio de funcionamiento se basó en la relación entre la conductividad eléctrica y la humedad presente en el medio. Inicialmente, el equipo se calibró teniendo en cuenta las mediciones gravimétricas de la humedad a 10 cm de profundidad y las mediciones de las sondas (Tarjuelo, 1995 y Juan *et al.*, 1996). La humedad volumétrica se calculó

a partir de la humedad gravimétrica determinada por la sonda electromagnética y los valores de la densidad aparente señalados por Meneses (2000).

**Distribución de la biomasa seca de diferentes órganos de la planta y el área foliar del macollo principal (MP):** las evaluaciones se realizaron en cuatro plantas individuales de cada tratamiento, entre las que tenían una condición promedio. Las plantas se seleccionaron cuando en el MP estuviera emergiendo la panícula, período que se consideró como la antesis (Nagata *et al.* 2001). Los MP se marcaron y se usaron para realizar todas las evaluaciones.

En el momento de la antesis, 10 días después de la antesis (10 DDA) y en la madurez fisiológica (25-30 DDA; Counce *et al.* 2000), se estimó el área foliar del MP mediante la fórmula: largo x ancho x 0,76 (Dorado, 2004). El MP de las plantas seleccionadas se colocó en una estufa a 105 °C durante 1 h (para eliminar la actividad fisiológica de los tejidos). A continuación, la temperatura se redujo a 70 °C hasta que la masa fue constante en una balanza analítica Sartorius BA61 con precisión hasta el mg. Posteriormente el MP se seccionó para separar los órganos: panícula, lámina y vaina de la hoja bandera (HB).

**Determinación de índices del crecimiento:** los índices del crecimiento como la duración del área foliar (DÁF) y la duración de la biomasa (DB) se cuantificaron en las etapas entre la antesis-10 DDA y 10 DDA-madurez. Para ello se utilizaron los valores del área foliar del MP y de la biomasa seca del MP, la lámina y vaina de la HB. Estos índices se calcularon mediante las fórmulas 2 de Hunt (1990):

$$\text{DÁF} = \frac{(A_2 - A_1)}{(\ln A_2 - \ln A_1)} \times (T_2 - T_1); \text{DB} = \frac{(W_2 - W_1)}{(\ln W_2 - \ln W_1)} \times (T_2 - T_1) \quad \text{Fórmulas 2}$$

Donde:  $A_1$ : Área foliar en la antesis ó 10 DDA;  
 $A_2$ : Área foliar a los 10 DDA o madurez

$W_1$ : Biomasa seca parte aérea en la antesis ó 10 DDA;  
 $W_2$ : Biomasa seca parte aérea a los 10 DDA o madurez  
 $T_1 - T_2$ : Tiempo transcurrido entre la antesis y 10 DDA y entre los 10 DDA y madurez.

**Determinación del rendimiento y sus componentes:** la evaluación del rendimiento de granos (14% de humedad; g planta<sup>-1</sup>) y los componentes del mismo: número de panículas por planta, granos llenos por panícula y el peso de mil granos (g), se efectuó en 10 plantas seleccionadas de cada tratamiento por fecha de

siembra, cuando el 85% de las espiguillas tomó una coloración amarilla coincidiendo con la fase de maduración (Counce *et al.*, 2000).

**Análisis estadísticos:** los datos se procesaron mediante análisis de varianza bifactorial utilizando el programa STATGRAPHICS Plus sobre Windows versión 5,0 (1994-2000). Las diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey HSD al 95%. La relación entre algunas variables se determinó mediante análisis de correlación y se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson con el Programa SPSS 12,0 (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas fueron diferentes en cada época de siembra, según los valores promedio mensual de la temperatura máxima, mínima y de las precipitaciones en cada fase de desarrollo en el cultivo de la variedad de arroz "Jucarito104" (Cuadro 1). Durante la fase vegetativa, para la época de lluvia, la temperatura máxima y mínima fueron superiores en 1,6 y 2 °C y las precipitaciones en 2,7 mm, respecto a la época seca. En la fase reproductiva, el incremento de estas temperaturas fue de 1,5 y 1,1 °C, respectivamente; y la incidencia de las precipitaciones fue similar en ambas épocas de siembra. En la maduración, sólo la temperatura máxima fue superior en 1,9 °C y las precipitaciones en 3 mm para la época de lluvia en comparación a la época seca.

La humedad volumétrica del suelo decreció desde los 7 hasta 14 días después del déficit (DDD) en las 2 épocas de siembra (Figura 1). Esta variable osciló de 0,31 a 0,19 (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) en la época seca y de 0,35 a 0,25 (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) en la época de lluvia. La reducción de humedad correspondió al 63 y 76% de la capacidad de campo (Cc) en cada época, respectivamente. Por otra parte, el CRA de las plantas sometidas a DH se redujo similarmente (13%) en ambas épocas de siembra (Figura 2).

Durante todo el período de llenado de los granos (antesis-10DDA y 10 DDA- madurez), la DÁF del MP fue mayor en el tratamiento control que en el DH para las dos épocas de siembra evaluadas. En la época seca, entre las fases antesis-10 DDA y 10 DDA-madurez, la DÁF se redujo en 65% en las plantas del tratamiento de inundación; y disminuyó en 15% para las plantas expuestas al DH. En la época de lluvia, esta variable declinó en 13% en las plantas del tratamiento control y disminuyó en 27% en las plantas del tratamiento de DH.

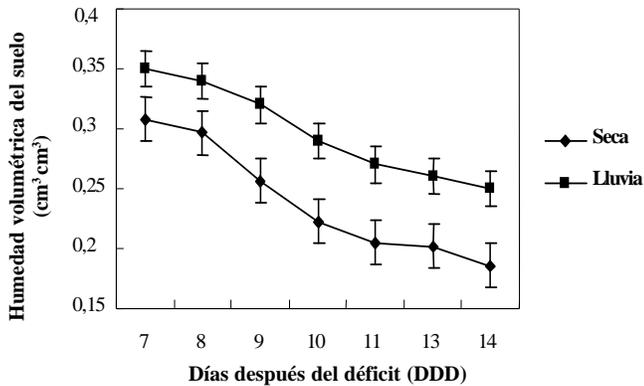
De manera general, la acumulación de biomasa por el MP fue superior entre todos los órganos analizados. Los valores de la DB del MP fueron mayores en la época seca durante la etapa antesis-10DDA. En la fase 10DDA-madurez en las dos épocas de siembra, la DB del MP de las plantas sometidas a DH, presentó una mayor reducción en comparación a las plantas inundadas. Teniendo en cuenta el inicio de la antesis (antesis-10 DDA) y la fase posterior a esta (10 DDA-madurez), la DB del MP se redujo en 41 y 24% en el tratamiento control; y disminuyó en 65 y 49% en condiciones de DH impuesto en la etapa de macollamiento para las épocas seca y lluvia, respectivamente.

En la época seca, la DB de la lámina de la HB fue menor para las plantas sometidas al tratamiento de DH, desde la antesis hasta la madurez. Comparando las etapas, inicial de la antesis (antesis-10 DDA) y la siguiente (10DDA-madurez), la DB de la lámina de la HB disminuyó similarmente en ambos tratamientos. En la época de lluvia, la DB de este órgano fue similar entre los tratamientos en la fase Antesis-10 DDA, y menor en las plantas inundadas en la etapa 10 DDA-madurez. En esta época de siembra, la DB de la lámina de la HB, presentó una mayor reducción en las plantas del tratamiento control (53%) que en las plantas expuestas a DH en la etapa de macollamiento (31%).

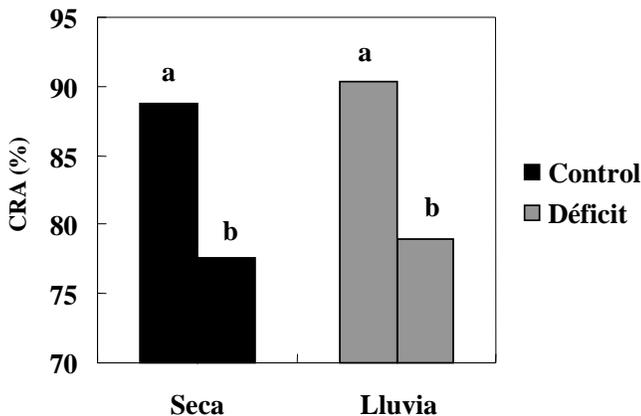
**CUADRO 1.** Valores medios diarios de diferentes variables climáticas en cada fase de desarrollo.

Fase	Variable	Época de siembra	
		Seca	Lluvia
Vegetativa	T. Máx.	29,2	30,8
	T. Mín.	18,8	20,8
	T. Med.	23,4	25,3
	P	2,3	5,0
Reproductiva	T. Máx.	31,3	32,8
	T. Mín.	21,9	23,0
	T. Med.	25,9	26,7
	P	7,4	7,6
Maduración	T. Máx.	31,0	32,9
	T. Mín.	23,0	23,0
	T. Med.	26,3	26,7
	P	6,7	9,7

T: Temperatura; Máx.: Máxima; Mín.: Mínima; Med.: Media; P: Precipitaciones.



**FIGURA 1.** Dinámica de humedad en el suelo durante la suspensión del riego desde 7 hasta 14 DDD en dos épocas de siembra, seca y lluvia.



**FIGURA 2.** Contenido relativo de agua en hojas de plantas de arroz (var. Jucarito 104) a los 14 DDD inducido en la etapa de máximo macollamiento en dos épocas de siembra, seca y lluvia. Medias con letras iguales no difieren significativamente para  $P < 0,05$  según Tukey HSD.

La acumulación de biomasa seca de la vaina de la HB alcanzó mayores niveles respecto a la lámina (Cuadro 2). En ambas épocas de siembra, la DB de la vaina de la HB no varió entre los tratamientos evaluados en la fase anthesis-10 DDA. Sin embargo, para las plantas del tratamiento DH, la DB de la vaina presentó una mayor disminución (46% en la época seca y 53% en la lluvia) comparada a las plantas del control (17% en la época seca y 12% en la lluvia), entre las fases anthesis-D DA y 10DDA- madurez.

Por otra parte, la DB de la panícula fue mayor durante la etapa 10 DDA-madurez, con valores significativamente superiores para las plantas sometidas a DH en la etapa de macollamiento. Asimismo, se observó un aumento de la DB de la panícula en la época seca respecto a la época de lluvia.

Durante el período de llenado de los granos, en ambas épocas de siembra y tratamientos estudiados, la DB de la panícula correlacionó negativa y significativamente con la DB del MP así como de la lámina y vaina de la HB (Cuadro 3). En las plantas sometidas a DH los mayores coeficientes de correlación de la DB de la panícula se obtuvieron con la DB de la vaina de la HB y el MP.

En las dos épocas de siembra, el rendimiento de granos y los componentes del rendimiento: número de panículas por planta y número de granos llenos por panícula, aumentaron en plantas expuestas al DH (Cuadro 4). La suspensión del riego no afectó el peso de mil granos. Las plantas de la variedad estudiada expresaron un mayor potencial productivo (rendimiento y número de panículas) en la época seca que en la lluvia.

Al valorar la relación del rendimiento con las variables algunas evaluadas (Cuadro 5), se encontró que para las dos épocas de siembra en condiciones de déficit, el rendimiento correlacionó positiva y significativamente con el número de panículas, número de granos llenos por panícula y la biomasa seca de la panícula del MP. El coeficiente de correlación entre el rendimiento y el peso de mil granos no fue significativo. En las plantas inundadas, el rendimiento correlacionó positiva y significativamente con el número de panículas en la época seca y con las restantes variables en ambas épocas de siembra. En las plantas con DH, el coeficiente de correlación fue mayor en el número de granos llenos por panícula y en la biomasa seca de la panícula.

En ambas épocas de siembra, seca y lluvia, el rendimiento fue mayor en las plantas sometidas a la suspensión del riego en la etapa de macollamiento y se debe a un aumento en el número de panículas y de granos llenos por panícula; componentes que tuvieron una relación significativa con el rendimiento. Un incremento en el número de panículas fértiles en plantas con déficit puede explicarse debido a que este factor pudo provocar la inhibición en la emisión de macollos improductivos en la fase final de macollamiento y reducir la competencia entre estos macollos y los productivos. Esta respuesta explica las diferencias en el número de panículas entre los tratamientos de inundación y déficit.

**CUADRO 2.** Duración del área foliar (DÁF) del macollo principal (MP) y duración de la biomasa (DB) del MP, la lámina y la vaina de la hoja bandera (HB) así como de la panícula para la variedad Jucarito 104 desde la antesis-10 DDA y 10 DDA-madurez en los tratamientos control (C) y déficit (D) en las épocas de seca y lluvia.

Época	Estadio	T	DAF (cm <sup>2</sup> día <sup>-1</sup> )	MP	DB (mg día <sup>-1</sup> )		Panícula
					Lámina HB	Vaina HB	
Seca	Antesis-10DDA	Control	100 c	810 a	193 b	363 b	21 f
		Déficit	66 e	775 b	154 c	358 b	25 e
	10DDA-madurez	Control	65 e	478 f	123 d	300 c	53 b
		Déficit	56 c	273 h	94 e	193 d	67 a
Lluvia	Antesis-10DDA	Control	140 a	682 c	272 a	391 a	13 g
		Déficit	126 b	661 d	266 a	389 a	21 f
	10DDA-madurez	Control	122 b	517 e	129 d	347 b	32 d
		Déficit	92 d	335 g	184 b	184 d	47 c
		ESx	1,48***	3,93***	4,13***	3,85***	0,62***

Medias con letras iguales no difieren significativamente para  $P < 0,05$  según Tukey HSD.

**CUADRO 3.** Coeficientes de correlación entre la duración de la biomasa (DB) de la panícula, DB de la lámina y la vaina de la hoja bandera (HB) así como del macollo principal (MP) en plantas de arroz (var. Jucarito 104) cultivadas en condiciones de inundación durante todo el ciclo (Control) y expuestas a déficit hídrico en las épocas seca y lluvia.

Época	Tratamiento	DB		MP
		Lámina HB	Vaina HB	
Seca	Control	-0,963**	-0,965**	-0,949**
	Déficit	-0,859**	-0,990**	-0,997**
Lluvia	Control	-0,973**	-0,958**	-0,941**
	Déficit	-0,876**	-0,994**	-0,990**

\*\* Significativo  $P < 0,01$ .

En la etapa de máximo macollamiento, el número de panículas fértiles o macollos efectivos aumentan y producen un mayor número de granos llenos ante el DH. Una mayor acumulación de fotoasimilados (fuente), contribuye al incremento del número de granos llenos (sumidero) y del rendimiento respecto a las plantas que se mantienen inundadas.

Polón y Castro (1999), detectaron un aumento en el número de macollos y de panículas en plantas de la variedad Jucarito 104, cultivada en condiciones de déficit de humedad en el suelo durante 35 d en la etapa vegetativa. Sin embargo, estos autores no estudiaron los procesos fisiológicos vinculados al incremento del rendimiento en estas condiciones y este fue uno de los objetivos del trabajo. Una de las posibles causas de un incremento del rendimiento en la planta de arroz ante condiciones de estrés impuesto durante la etapa vegetativa, pudiera asociarse con una mayor acumulación de fotoasimilados en esta etapa y a un incremento en la translocación de los productos fotosintéticos durante la formación de los granos.

El estudio demostró, que existen diferencias en la distribución de los fotoasimilados en el MP, la lámina y la vaina de la HB así como de la panícula, durante el período de llenado de los granos (antesis-madurez). En la fase comprendida desde la antesis hasta los 10 DDA, la DB en la lámina de la HB y en el MP en la época seca y en el MP para la época de lluvia, se afectaron significativamente por la condición de DH impuesta. En tanto, a partir de los 10 DDA a la madurez, la DB en la vaina de la HB y en el MP, disminuyeron mayormente frente al DH. Por lo que, se deduce que las condiciones ambientales en las épocas de siembra inciden sobre la acumulación de los fotoasimilados de reserva en estos órganos.

**CUADRO 4.** Rendimiento y sus componentes en la madurez fisiológica en plantas de arroz (var. Jucarito 104) cultivadas en condiciones de inundación durante todo el ciclo (Control) y expuestas a déficit hídrico en las épocas seca y lluvia. Los valores se expresan para una planta promedio.

Épocas	Tratamiento	Rendimiento (g planta <sup>-1</sup> )	Número de panículas	Número de granos llenos / panícula	Peso de mil granos (g)
Seca	Control	35,0 c	20 b	59 b	28,5
	Déficit	45,4 a	24 a	69 a	28,1
Lluvia	Control	27,6 d	17 c	56 b	29,3
	Déficit	39,6 b	21 b	67 a	28,4
	ESx	0,92***	0,78***	2,88***	1,35 N.S.

Medias con letras iguales no difieren según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD para  $P < 0,05$  en la columna de cada época de siembra,  $n=10$ , N.S.: No Significativo, ESx: error estándar de la media.

**CUADRO 5.** Coeficientes de correlación entre el rendimiento, sus componentes y la biomasa seca de la panícula en plantas de arroz (var. Jucarito 104) cultivadas en condiciones de inundación durante todo el ciclo (Control) y expuestas a déficit hídrico en las épocas seca y lluvia.

Épocas	Tratamiento	Número de panícula	Número de granos llenos / panícula	Peso de mil granos (g)	Biomasa seca de la panícula (g)
Seca	Control	0,86**	0,71*	0,63*	0,70*
	Déficit	0,79**	0,84**	0,57 N.S.	0,92**
Lluvia	Control	0,57 N.S.	0,66*	0,85**	0,64*
	Déficit	0,77**	0,85**	0,48 N.S.	0,94**

Significativo  $P < 0,05$ ; \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; N.S.: No Significativo.

Los cambios en la acumulación y disminución de los productos fotosintéticos durante el proceso activo de llenado de las panículas (10 DDA-madurez), puede relacionarse con la movilización de los asimilados almacenados en esas estructuras hacia otros órganos receptores o sumideros. En este caso, se sugiere que en condiciones de DH, la vaina de la HB y el MP se consideran órganos de almacenamiento que pudieran funcionar como fuentes de fotoasimilados, y las panículas como órganos sumideros de estos asimilados. Esto se evidencia teniendo en cuenta los altos coeficientes de correlación obtenidos entre la biomasa de la panícula con la DB de la vaina de la HB y el MP.

En plantas de arroz cultivadas en condiciones favorables para el crecimiento, la fuente de fotoasimilados procede desde: (1) fotosintatos sintetizados antes de la emergencia de la panícula y acumulados en las vainas de las

hojas y los macollos; y (2) asimilados producidos de la fotosíntesis actual durante el llenado de las panículas (Nagata *et al.*, 2001; Laza *et al.* 2003; Lubis *et al.*, 2003).

En condiciones normales de inundación, Nagata *et al.* (2001); Okawa *et al.* (2003); He *et al.* (2005), demostraron en el arroz una acumulación temporal de los fotoasimilados en las vainas y los macollos antes de la antesis; y una reducción en la concentración de estos compuestos entre los 10 y 20 DDA. Por otra parte, Okawa *et al.* (2003), apoyados en el uso del isótopo <sup>13</sup>Carbono, estudiaron la distribución de los fotoasimilados en las vainas foliares e macollos de plantas de arroz. Los propios autores, encontraron una menor proporción de <sup>13</sup>C fotoasimilados acumulados en estos órganos de reserva desde los 10 hasta los 30 DDA y confirmó la translocación de los fotoasimilados hacia otras estructuras.

No obstante, estos autores no hicieron referencias sobre la distribución de los fotoasimilados en plantas expuestas a DH en la etapa de macollamiento. Este aspecto es de vital importancia teniendo en cuenta que la estimación de la acumulación de biomasa seca en los órganos de la planta frente al DH, resultaría ventajoso ya que según las investigaciones efectuadas en el trigo por Cruz y Pérez (2000), los fotoasimilados de reserva acumulados en los macollos son una fuente esencial para el llenado de los granos de los cereales particularmente en condiciones de estrés.

La incidencia de las altas temperaturas en las etapas reproductiva y maduración, aumentaron los índices DÁF y DB de cada órgano en la época de lluvia respecto a la época seca. El incremento de la temperatura pudo ser el factor que redujo la translocación de los fotosintatos dentro de los órganos de la planta, porque de acuerdo a lo señalado por Pham *et al.* (2004), las altas temperaturas aumentan la tasa de respiración después del inicio de la formación de la panícula. Por tanto si los fotosintatos participan en el proceso respiratorio, se crea una baja disponibilidad de asimilados al inicio del proceso de llenado del grano.

En este estudio en el tratamiento de inundación (control) los valores elevados de la DÁF del MP y la producción de biomasa seca en la época de lluvia, puede relacionarse con una mayor asimilación de carbono en esta época con relación a la época seca. Por tal motivo, es probable en la época de lluvia, que los fotoasimilados producidos por la fotosíntesis participan en gran medida en el llenado de las panículas y los requerimientos de los fotosintatos almacenados sean menores en comparación a la época seca, donde las plantas deben ser más dependientes de los fotosintatos de reserva acumulados en las vainas y los macollos.

Los altos valores de la DÁF en la fase anthesis-10 DDA para ambos tratamientos, control y déficit en cada época de siembra, indican que la fotosíntesis en ese momento satisface la división celular de los granos para la formación del embrión y el endospermo. Sin embargo, desde los 10 DDA-madurez, los requerimientos de los fotoasimilados de reserva son mayores en las plantas expuestas al DH en la etapa de macollamiento. Por tanto, se asume que en condiciones de DH, el llenado de los granos no se satisface con la fotosíntesis que tiene lugar durante este proceso sino, se requiere además de los fotoasimilados de reserva almacenados en los órganos como la vaina y el MP.

De la determinación de la biomasa seca de la panícula se concluyó, que el incremento de su crecimiento promueve la movilización de los fotoasimilados de reserva acumulados en la vaina de la HB y el MP. El crecimiento activo de las panículas comenzó a partir de los 10 DDA, y coincidió que desde ese momento y hasta la madurez, ocurrió mayor reducción en la biomasa seca de estos órganos.

Los resultados de este estudio evidencian que las variaciones de la biomasa seca de los diferentes órganos de la planta de arroz durante el proceso de llenado de las panículas, pueden ser utilizadas para estimar la contribución de las reservas de fotoasimilados almacenadas en diferentes órganos al llenado de los granos ante el DH. A partir de los coeficientes de correlación analizados entre el rendimiento y sus componentes, identificamos al número de granos llenos y a la biomasa seca de la panícula, como los caracteres con una relación más estrecha al rendimiento frente al DH; y además como factores que pudieran limitar el rendimiento de este cereal en estas condiciones. El rendimiento de las plantas sometidas a DH depende de la disponibilidad de fotoasimilados para contribuir a un mayor número de granos llenos.

## CONCLUSIONES

- Las diferencias en la distribución de la biomasa seca entre los órganos de la planta evaluados contribuyen a conocer la disponibilidad de fotoasimilados producidos por estos órganos.
- Los altos valores de la DÁF del MP en la fase anthesis-10 DDA para ambos tratamientos y épocas de siembra, indican que la fotosíntesis satisface la división celular de los granos para la formación del embrión y el endospermo.
- En condiciones de DH la mayor reducción de la DB de la vaina de la HB y del MP, desde los 10 DDA hasta la madurez, evidencia una mayor participación de los fotoasimilados de reserva en el proceso de llenado de las panículas así como a un mayor incremento del rendimiento de estas plantas.
- La biomasa seca de la panícula y el número de granos llenos tienen una mayor relación con el rendimiento de las plantas en condiciones de DH.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Zoila Palacios por su asistencia técnica durante todo el transcurso de los experimentos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, R. 1998. Determinación de parámetros genético-fisiológicos indicadores del estrés hídrico para el mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. Instituto de Investigación del Arroz (IIA), 100 p.
- Alfonso, R., E. Ramírez y S. Rodríguez. 2001. Incidencia del estrés hídrico en la variación de la heredabilidad en sentido ancho en el cultivo del arroz. *Revista Cubana del Arroz* 3(2):46-54.
- Counce, P. A., T. C. Keisling and A. J. Mitchell. 2000. A uniform, objective and adaptative system for expressing rice development. *Crop Sci.* 40(2):436-443.
- Cruz, J. A. and I. Pérez. 2000. Translocación y partición de <sup>14</sup>C fotoasimilados en trigo, variedad Cuba C-204. *Agronomía Trop.* 50(1):41-58.
- Dorado, M. 2004. Influencia del número de espiguillas sobre la producción de biomasa y la movilización de las reservas del tallo en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. La Habana, Cuba. Universidad de la Habana, Facultad de Biología, 87 p.
- He H.Y., M. Koike, T. Ishimaru, R. Ohsugi and T. Yamagishi. 2005. Temporal and spatial variations of carbohydrate content in rice leaf sheath and their varietal difference. *Plant Production Science* 8(5):546-552.
- Hirano, T., Y. Saito, H. Ushimaru and H. Michiyama. 2005. The effect of the amount of nitrogen fertilizer on starch metabolism in leaf sheath of japonica and indica rice varieties during heading period. *Plant Production Science* 8(2):122-130.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. London UNWIN Boston Sydney Wellington, 112 p.
- Ministerio de la Agricultura (MA). Instituto de Suelos. 1995. Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Standard Evaluation System for Rice. IRRI. Los Baños, Filipina, 56 p.
- Juan, G. R., G. E. Dehogues y K. L. Tzenova. 1996. Relación agua-suelo. **In:** El riego. Editorial Pueblo y Educación, 31-91 p.
- Kato, Y., A. Kamoshita, J. Yamagishi, H., Himoto and J. Abe. 2007. Growth of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland condition with different level of water supply 3. Root system development, soil moisture change and plant water status. *Plant Production Science* 10(1):3-13.
- Laza, M. R., S. Peng, S. Akita and H. Saka. 2003. Contribution of biomass partitioning and translocation to grain yield under sub-optimum growing conditions in irrigated rice. *Plant Production Science* 6(1):28-35.
- Lubis, I., T. Shiraiwa, M. Ohnishi, T. Horie and N. Inoue. 2003. Contribution of sinks and sources to yield variations among rice cultivars. *Plant Production Science* 6(2):119-125.
- Meneses, J. 2000. Determinación de parámetros de diseño y operación del riego por gravedad en el cultivo de la caña de azúcar. Tesis de Maestría en Ciencias en Riego y Drenaje. La Habana, Cuba. Instituto de Investigación del Arroz 51 p.
- Nagata, K., S. Yoshinaga, J. Takanashi and T. Terao. 2001. Effects of dry matter production of non structural carbohydrates and nitrogen application on grain filling in rice cultivar Takanari, a cultivar bearing a large number of spikelets. *Plant Production Science* 4(3):173-183.
- Okawa, S., A. Makino and T. Mae. 2003. Effect of irradiance on the partitioning of assimilated carbon during the early phase of grain filling in rice. *Annals of Botany* 92(3):357-364.
- Pirdashti, Z. H., T. Sarvestani, G. H. Nematzadeh and A. Ismail. 2004. Study of water stress in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **In:** Proceeding of the 4th International Crop Science Congress. Australia 26 Sep-1 Oct 2004. ISBN 1920842209. [www.cropscience.au/iese2004/poster/1/3/3/1095\\_pirdashti.htm](http://www.cropscience.au/iese2004/poster/1/3/3/1095_pirdashti.htm) TopOfpage

- Pham, D., M. Hirano, S. Sagawa and E. Kuroda. 2004. Varietal differences in tillering and yield response of rice plants to nitrogen - free basal dressing accompanied with sparse planting density in the Tohoku region of Japan. *Plant Production Science* 7(1):3-10.
- Polón, R. and R. Castro. 1999. Aplicación del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) *Cultivos Tropicales* 20(3):37-39.
- Polón, R. Y. Parra, R. I. Castro y R. Morejón. 2001. Diferentes momentos de establecimiento del inundación permanente en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia sobre el rendimiento, sus componentes y el control de malezas. *Cultivos Tropicales* 22(1):53-55.
- Sánchez-Díaz, M. y J. Aguirreolea. 2001. Relaciones Hídricas. **In:** *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Ed. Mundi- España. 17-30 p.
- SPSS. 2003. Programa Estadístico, Versión SPSS 12.0 Inc, Chicago, Il, USA
- Statgraphics. 2000. STATGRAPHICS Plus sobre Windows versión 5.0. Copyright 1994-2000. Statistical Graphics Corporation.
- Tarjuelo, J. M. 1995. El agua en el suelo. **In:** *El riego por aspersión y su tecnología*. Eds. Mundi-Prensa, 17-37 p.
- Yang, J. and J. Zhang. 2006. Grain filling of cereals under soli drying. *New Phytologist*, 169:223-236.

## SUELOS MAL DRENADOS EN VENEZUELA

### POORLY DRAINED SOILS IN VENEZUELA

Juan A. Comerma G.\*

\* Investigador Jubilado. INIA. Maracay, Venezuela. Email: fliacomermas@cantv.net

#### RESUMEN

Por suelos mal drenados se incluyen aquellos saturados con agua por períodos importantes del año y que muestran signos de hidromorfismo en el perfil. Taxonómicamente, incluyen suelos del suborden Acuic de Vertisoles, Inceptisoles, Entisoles, Ultisoles, Alfisoles y suelos del orden Histosoles. Su principal ocurrencia es en zonas planas sujetas a desborde de ríos y en menor proporción a altos niveles freáticos. Según los mejores estimados ocupan cerca del 20% del territorio venezolano, 18,2 millones de ha, teniendo por principal uso la ganadería extensiva, el arroz y zonas de reservas de flora y fauna. Las principales zonas, en orden de extensión son: Llanuras deltaicas continentales, Llanos de Apure, Delta del Orinoco, Sur del Lago de Maracaibo y Zonas Costeras Caribeñas. En cada zona se discuten sus principales características, extensión, origen, procesos genéticos, taxonomía, uso actual y potencial.

**Palabras Clave:** Suelos hidromorficos; drenaje de tierras.

#### SUMMARY

By poorly drained soils we are including those saturated with water for important periods of the year and that show hirdromorphic features in their profile. Taxonomically, we are talking of Acuic suborders of Vertisols, Inceptisols, Entisols, Ultisols, Alfisols and organic soils or Histosols. They mainly occur in flat alluvial plains subjected to flooding and in a lesser proportion to high water tables. According to the best estimates, they occupy around 20% of the nation or 18.2 million hectares. The dominant use is extensive grazing, rice and reserves of flora and fauna. The main areas in the country are: Continental deltaic plains, Plains of Apure State, Orinoco Delta, Southern plains of Maracaibo Lake, and Caribbean Coastal plains. A discussion of each area includes its main characteristics, extension, origin, pedogenesis, taxonomy and present and potential land use.

**Key Wods:** Hidromorficos grounds; earth drainage.

RECIBIDO: marzo 27, 2008

ACEPTADO: octubre 01, 2008

## INTRODUCCIÓN

Por suelos mal drenados se incluyen todos aquellos que durante buena parte del año se encuentran saturados con agua. Desde el punto de vista del crecimiento vegetal, sean plantas cultivadas o no, la saturación con agua es más crítica durante el período de crecimiento, lo cual en las zonas tropicales puede ser durante todo el año, y dicha saturación debe afectar la zona de crecimiento de las raíces de las plantas. Desde el punto de vista agrológico y según el Manual de Levantamiento de Suelos (USDA, 1993), se están incluyendo clases de drenaje pobre y muy pobre y, en los casos en que el mal drenaje es fundamentalmente superficial, también se pueden incluir los suelos con clases imperfectamente drenadas.

Según la Taxonomía de Suelos (USDA, 2003), los principales suelos que se incluyen en este trabajo son aquellos con un régimen de humedad acuico, esto es todos los suelos de subórdenes que utilizan el prefijo Aqu. Para ello es requerido que, al menos la parte superior del suelo, debe estar saturado con agua, al menos periódicamente, y estar reducido o sea haber perdido su oxígeno. Su principal rasgo morfológico son las características de hidromorfismo o redoximórficas, esto es, colores grises, verdosos o azulosos con predominio de croma de 2 ó menos, con o sin moteado de colores amarillos y rojizos y presencia de nódulos y/o concreciones de hierro y manganeso dentro de ciertas profundidades dependiendo de las taxa de suelos. El origen del mal drenaje usualmente es una combinación de factores. Prácticamente es común a todos los casos la existencia de terrenos planos o cóncavos que dificulten la rápida evacuación de los excesos de humedad.

Por otra parte, es muy frecuente que la zona tenga un balance hídrico en el cual existe un período importante de excesos de precipitación sobre la evapotranspiración. En otros casos, el factor es causado por desborde de ríos o caños. Al mismo tiempo, es frecuente que los suelos tengan texturas medias o finas y que su permeabilidad sea lenta o muy lenta. En algunos casos el origen se concentra en un nivel freático muy alto como ocurre en muchas zonas litorales. Es bastante común en el caso venezolano, que la saturación de agua provenga de la superficie y por ello dominaría la categoría de episaturación.

Las principales dificultades causadas por el mal drenaje para el "normal" desenvolvimiento de la actividad

agrícola se concentran en: problemas con la mecanización (preparación, cultivo y cosecha) de las tierras; restricción en la adaptación agroecológica de numerosos cultivos alimenticios; reducción de rendimientos por deficiencias de oxígeno y una mayor incidencia de malezas, plagas y enfermedades. En síntesis, el mal drenaje restringe el crecimiento y la productividad de la mayoría de los cultivos alimenticios y/o exige cuantiosas inversiones para su saneamiento y adecuación.

En el contexto del continente Americano, Venezuela es el país que tiene la mayor proporción de sus suelos en la condición de mal drenados. Lo acompañan en Latinoamérica, Colombia con los Llanos del Casanare y Brasil con el Pantanal.

Según el trabajo de Limitaciones y Potenciales de las Tierras Agrícolas en Venezuela (Comerma y Paredes, 1978), alrededor del 20 por ciento de las mismas, tiene como principal factor limitante el problema de drenaje, lo cual se agrava por el hecho de que una parte importante de las mismas ocurren en suelos de mediana a alta fertilidad, con una topografía plana y en la parte norte del país donde se concentra la población. Está implícito en las consideraciones anteriores, que el mejoramiento de esta limitante puede incorporar tierras de amplias aptitudes agrícolas tan escasas en Venezuela.

## MATERIAL Y MÉTODO

La información producida en este trabajo se deriva de una interpretación de los suelos con problemas de drenaje y paisajes asociados, descritos en los Sistemas Ambientales venezolanos (MARN, 1982), la cual se digitalizó y manejó con un Sistema de Información Geográfico y el programa Arc View (ESRI, 1998).

La información se organizó en tres agrupaciones. Primero, las que corresponden a suelos mal drenados en la cual se incluyen las clases pobre y muy pobremente drenadas. Segundo, las áreas en las cuales domina la clase imperfectamente drenadas, y por último los suelos bien drenados, esto es los moderadamente bien, bien drenados, algo excesivo y excesivamente drenados.

En los casos requeridos se actualizó la Taxonomía, hasta el nivel de Grandes Grupos, con base a los suelos descritos y a los tipos y grados de inundación mencionados en los Sistemas Ambientales.

## Principales zonas mal drenadas de Venezuela

En la Figura 1 se muestra un mapa de Venezuela donde se indican las principales zonas donde ocurren suelos con problemas de drenaje y que muestran signos de hidromorfismo.

La superficie total estimada de suelos mal drenados, que agrupan los imperfectos, pobre y muy pobremente drenados, es del orden de 18,2 millones ha, y según este mapa ocupan el 20% el territorio nacional. De ellos, los imperfectos ocupan el 32% y los pobre y muy pobremente drenados el 68%.

Del mapa se puede determinar que las principales zonas son: los Llanos Deltaicos Continentales, los Llanos de Apure, el sur del Lago de Maracaibo y el Delta del Orinoco. Otras áreas de menor extensión ocurren a lo largo de la costa del mar Caribe en los estados Carabobo, Zulia y Falcón y en la costa oriental del Lago de Maracaibo, clasificadas como Zonas Costeras Caribeñas.

A continuación se presenta una breve descripción y comentarios sobre la importancia y uso actual de cada una de ellas:

### Llanuras Deltaicas Continentales

Esta llanura deltaica joven ocupa la zona más deprimida de los Llanos Centrales y Occidentales. Ella está fundamentalmente concentrada en las subcuencas bajas de los ríos Caparo, Suripa, Canagua, Guanare, Portuguesa, Cojedes, Pao, Tiznados y Apure, que acarrean sedimentos de mediana a baja meteorización y por ello de una fertilidad al menos media. Comprende las porciones sur de las planicies de los estados Barinas, Portuguesa, Cojedes, Guárico y Apure. Está bastante cercana a lo que se pudiera llamar el centro geográfico de Venezuela y ocupa un área del orden de 7,6 millones de hectáreas.

Las zonas más bajas y deprimidas de Barinas, Cojedes, Guárico y Apure tienen cerca de un 80% del área dominada por planicies de desborde con influencia deltaica, esto es, planas a cóncavas, con suelos arcillosos y sujetos a fuertes inundaciones. Por otra parte, las planicies aluviales de desborde de Barinas y Portuguesa tienen alrededor de un 40% con bajíos y esteros.

El clima es estacional con precipitaciones entre 1 200 y 1 800 mm, con 6 a 9 meses húmedos. Las inundaciones o sobresaturación con agua de los suelos van desde 2 hasta los 9 meses en las zonas más bajas.

Los perfiles de suelo representativos son bastante monótonos, al estar dominados por texturas francosas finas a arcillosas, agrietados y con un claro hidromorfismo desde la superficie, medianos valores de materia orgánica (MO) y fertilidad mediana. Si en ambas zonas se separan los suelos con drenaje pobre y muy pobre se alcanza al orden de 4,5 millones de ha, quedando una superficie de alrededor de 3 millones para los imperfectamente drenados.

Las clases taxonómicas predominantes son los Epipaquets, Epiaquerts y Epiaqualfs, denotando la gran influencia del mal drenaje superficial y el poco a moderado desarrollo pedogenético de sus suelos.

Dadas las características edáficas y climáticas de esta gran depresión, el uso actual y potencial más viable son los pastos adaptados para ganadería bovina, bufalina y fauna natural. Es así como en las prospecciones acerca de la aptitud de los llanos para pastos (Comerma y Chacón, 2002), estas zonas representan una de las mejores áreas para ganadería de cría, levante y ceba tanto de bovinos como búfalos, basados en sistemas de producción que aprovechen los excesos de agua en forma de "tapas o módulos" en la época seca, asegurando una suplencia de pastos verdes durante todo el año.

Por otro lado, también hay potencialidades para cultivos complementarios como arroz en los suelos arcillosos y otros cereales y leguminosas en los suelos algo mejor drenados de los banco altos y bajos. Así mismo, las características topográficas, de suelo y de clima son altamente adecuadas para adelantar sistemas de producción acuícola que muy bien pueden complementar la producción de alimentos y mejorar la rentabilidad de la región.

### Llanos de Apure

Esta gran planicie aluvial actual y subactual, abarca cerca de 4,6 millones de hectáreas y se extiende desde el piedemonte andino de Apure y sur de Barinas hasta la zona de San Fernando de Apure. El clima es estacional con precipitaciones entre 1 400 y cerca de 2 000 mm, con 6 a 10 meses húmedos, aumentando claramente hacia el occidente o el piedemonte andino.

En el trabajo "Suelos y paisajes del estado Apure" (Comerma y Luque, 1971) se asoma la hipótesis que los llanos de ese Estado provienen inicialmente del macizo Guayanés y que luego la parte más occidental y norte fue cubierta por sedimentos más recientes provenientes de la Cordillera Andina.

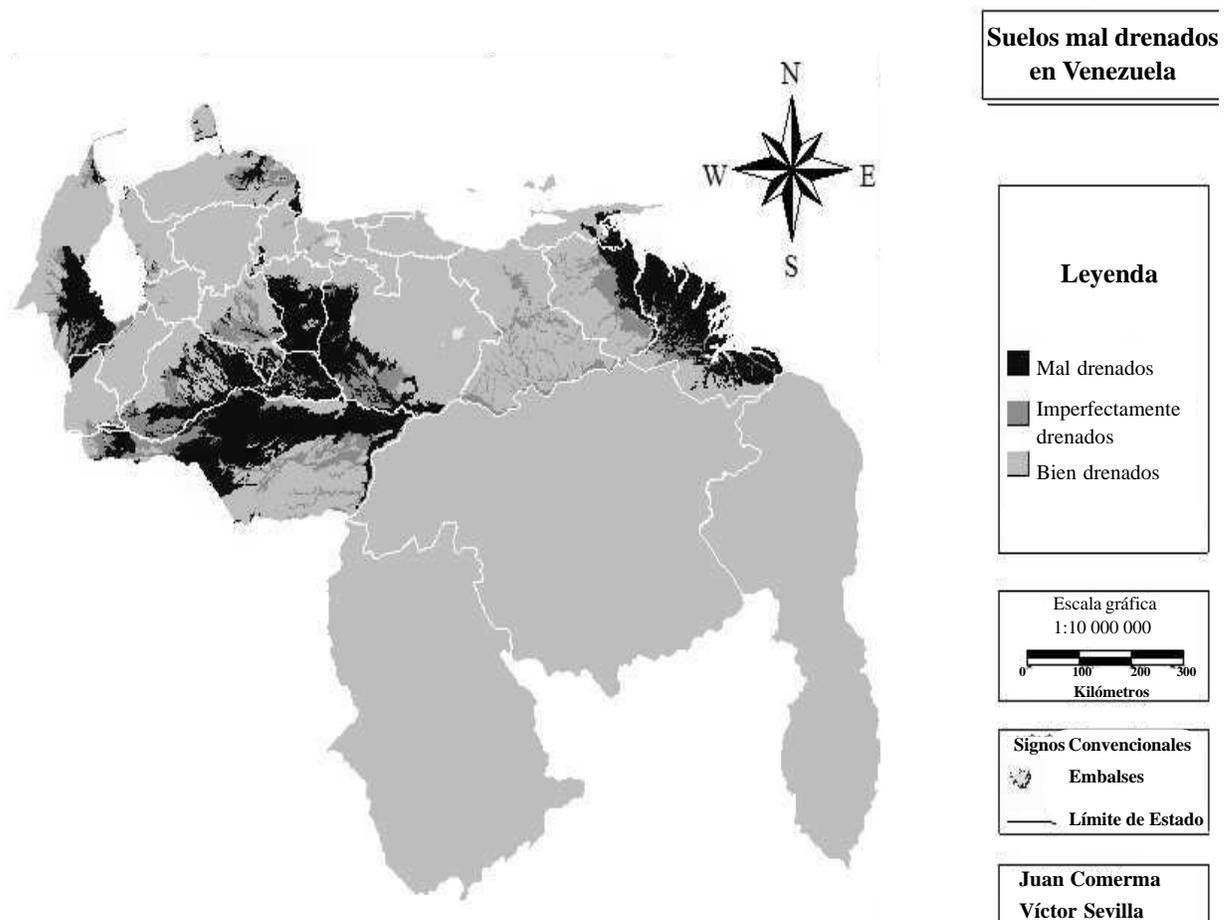
La zona norte, principalmente entre San Fernando y Achaguas, corresponde a los sedimentos más recientes y muy similares a los de Barinas y Portuguesa, esto es con cerca del 50% de áreas con mal drenaje, Epiaquepts y Epi o Endoaquerts, de mediana a alta fertilidad. Así mismo, la zona más occidental cercana al piedemonte de Apure, zonas bajas de los ríos Doradas y Uribante, también corresponden a zonas aluviales recientes, principalmente Epiaquepts de mediana fertilidad.

Por el contrario, la gran zona central y oriental de esta gran planicie, desde Guasdualito hasta San Juan de Payara corresponden a sedimentos un poco más antiguos, con cerca del 80% sujetas a fuertes inundaciones y con una fertilidad natural predominantemente baja. Todas esas áreas están incluidas en el paisaje de planicie aluvial de inundación subactual, mencionado anteriormente en el trabajo de suelos y paisajes de Apure.

Las zonas del mapa señaladas con mal drenaje, incluyen áreas con drenaje pobre y muy pobre. A diferencia de

otras áreas mal drenadas del país, esta gran planicie central tiene suelos de texturas medias y finas con un alto grado de evolución pedogenética, ácidos y de baja fertilidad, representados por Plinthaquults, Kandiaquults, Kandiaqualfs, Distraquerts, y en muchas zonas cubiertas con sedimentos más recientes como los Epiaquepts, también algo ácidos y con fertilidad restringida.

En la zona sur de estos llanos, correspondiente con las llanuras Eólicas y altiplanicie del Capanaparo- Meta, también se encuentran de una manera dispersa un conjunto de áreas mal drenadas, especialmente en las depresiones entre médanos, en planicies de inundación de esos ríos y en planicies limosas eólicas sujetas también a inundación. En ellas predominan suelos de un alto grado de evolución, pobres en fertilidad y en MO, pero mostrando signos de hidromorfismo actual y/o heredado, clasificados como Plinthaquults, Paleaquults y Epiaquepts. Su uso es en ganadería extensiva.



**FIGURA.** Principales zonas con problemas de drenaje e hidromorfismo en Venezuela.

En la totalidad de los llanos de Apure, sumando los suelos que presentan características de mal drenaje y manifestado en su morfología y clasificación, llegan a 3,4 millones de ha, o sea, prácticamente el 75% del total del área, dejando así 1,2 millones de ha para los de clase de drenaje imperfecta.

En cuanto al uso actual y potencial de esta gran superficie, se deben separar las planicies con suelos más recientes o actuales de los más antiguos o subactuales.

En el primer caso, y especialmente entre San Fernando y Achaguas, a pesar de que el principal uso es en ganadería de levante y ceba, existe otra gran variedad de usos en las áreas mejor drenadas, como maíz, leguminosas, musáceas, etc. Es posible así combinar en unidades de producción, pastos de mediana exigencia nutricional en los bajíos y esteros con cultivos alimenticios en los bancos. Con pocas excepciones, no es el caso de la gran planicie subactual, donde el enorme uso actual y potencial está en la ganadería más extensiva, principalmente de cría de bovinos, aunque los búfalos pueden ser la solución para carne y leche dado su aprovechamiento de pastos de menor calidad y su tolerancia a los excesos de agua. Los sistemas de uso con tapas o módulos siguen presentando una inmensa esperanza para una mejor ganadería, pues han probado su capacidad de triplicar la producción ganadera con pastos nativos bien manejados.

A continuación se describen dos ejemplos que tipifican los suelos mal drenados de mayor evolución pedogenética que se encuentran en el país y que representan ampliamente estos paisajes. Ambos suelos fueron seleccionados del estudio agrológico preliminar realizado en los sectores Bruzual- Mantecal del estado Apure (Schaergel y González, 1970).

De igual manera, se presenta un Plinthaquilt, la calicata 10 del sector Mantecal, que ocurre bajo sabanas mal drenadas, dominado por paja carretera reflejando su baja fertilidad. El mismo muestra un delgado epipedón ocrico de color gris marronzusco e inmediatamente un horizonte E de color blanco, ambos Franco limosos, y debajo un argílico franco arcilloso y arcillo limoso con clara presencia de plintita, primero endurecida y luego suave. Todo el perfil es ácido con valores de MO inferiores a 1%, con saturaciones de base entre 15 y 30% y capacidades de intercambio bajas reflejando la alta evolución pedológica. A pesar de su mal drenaje posiblemente los signos de hidromorfismo sean más heredados que actuales.

Por otra parte, se incluye un Aquert, posiblemente un Distraquert o Vertisol ácido, caracterizado en este caso por la calicata 13 del sector Bruzual, el cual se distingue por ser arcilloso, agrietado, gris en superficie con altos valores de MO y con moteados marrones y rojizos en el subsuelo y hasta concreciones de Fe y Mn acompañados de bajos valores de MO. Los pH son inferiores a 5 en superficie y aumentan hasta valores cercanos a 6 en el subsuelo. Tiene un claro incremento de arcilla hacia el subsuelo infiriéndose una eluviación o un proceso de ferrólisis (Brinkman, 1979) de destrucción de arcilla asociado al fuerte hidromorfismo en superficie por la inundación durante varios meses del año y los altos valores de MO.

### **Sur del Lago de Maracaibo**

Esta es parte de la cuenca sedimentaria del Lago de Maracaibo, constituida por una depresión estructural rellena de sedimentos recientes, principalmente de la Cordillera de los Andes y que desembocan al Lago. Son tierras planas, húmedas, calientes y sujetas a inundación. Un sector, del orden de 500 000 ha, se consideran ciénagas o con inundación permanente y comprende principalmente las ciénagas de Juan Manuel de Aguas Claras y Aguas Negra y el litoral lacustre sur oriental.

La gran mayoría de la superficie restante son fundamentalmente planicies de desborde bajo clima subhúmedo, como la de los ríos Palmar, Catatumbo en la costa occidental y Machango y Misoa en la oriental. Con climas más húmedos, se encuentran las áreas de los ríos Catatumbo, Zulia y Escalante en el sur del lago. De esas planicies, una importante porción son de suelos con problemas de mal drenaje, alcanzando una superficie del orden de las 600 000 has. Adicionalmente, se pueden incluir alrededor de 400 000 ha con drenaje imperfecto, dando un gran total de 1 500 000 ha.

La zona mal drenada, más cercana y que bordea el lago, desde el río Santa Ana hasta Lagunillas, corresponde a un bosque seco tropical, con rangos de precipitación del orden de 900 a 1 600 mm, mientras la parte más alejada del lago, desde Machiques vía Coloncito, la Fría y hasta Arapuey, corresponde a un bosque húmedo tropical con precipitaciones del orden de 1 500 a 2 500 mm.

Los suelos predominantes en las áreas cenagosas son turbas o Histosoles (Fibríst) y Entisoles (Hidraquents), mientras que en las áreas mal drenadas de las planicies de desborde, independientemente de su clima, predominan los Inceptisoles (Endo y Epiaquepts) con texturas medias y finas, moteados, con erosión reticular en forma de tatucos y zuros y algunos Vertisoles (Epiaquerts).

En general, por ser sedimentos aluviales recientes ricos en minerales primarios, la fertilidad natural es moderada, con saturación de bases de mediana a altas, pH neutro a ligeramente ácido y bajo en sales. Sólo una pequeña zona del litoral de la costa oriental posee suelos ácido sulfatado (Sulfaquepts).

Un ejemplo de los Aquepts que predominan lo representa la serie Yagrumo, tomada del estudio agrológico semidetallado del sur del Lago de Maracaibo (Kijewski *et al.*, 1973). Este suelo ocurre en zonas planas en posición de cubetas de decantación bajo un bosque denso. Todo el perfil es arcilloso, con más de 70%, alto en MO en superficie y disminuyendo fuertemente con la profundidad, los pH son del orden de 5 en superficie y se incrementan hasta 7 en el subsuelo, así mismo, la saturación de bases se mantiene entre 50 y 60% en el perfil. Predomina el Ca y el Mg en todo el suelo y únicamente en el subsuelo aparecen cantidades importantes de Na.

Se considera que una parte importante de las tierras con vocación agrícola del país se ubican en esta cuenca, especialmente luego que en los años 60 se acometieron importantes obras de saneamiento, en especial de control de inundaciones en el sur del Lago. Las zonas más húmedas del sur del Lago, dado su corta estación seca, son usadas con cultivos permanentes como plátano, palma aceitera, cacao y pastos introducidos adaptados al drenaje restringido. En las zonas un poco más secas, el uso es de cultivos anuales, frutales y pastos.

### **Delta del Orinoco y Llanuras Deltaicas Orientales**

La zona deltaica nororiental es el humedal con drenaje más severo que tiene Venezuela. Esta región natural abarca las llanuras deltaicas del extremo oriental de los estados Monagas y Sucre (32%), y todo el estado Delta Amacuro (68%) correspondiente al Delta del Orinoco. Su superficie deltaica mal drenada es del orden del 3,3 millones de hectáreas, a las cuales se les pueden agregar alrededor de 900 mil con drenaje imperfecto. El gran total es del orden de 4,2 millones de ha.

Es una extensa planicie deltaica del río Orinoco, y de otra serie de ríos de menor dimensión que descargan parte de las mesetas orientales y la serranía oriental. Su característica principal, y que lo diferencia del resto de humedales del país, es la abundante ocurrencia de suelos orgánicos y el sustrato de arcillas marinas con piritita que subyace buena parte de los sedimentos fluviales que lo cubren someramente. Como delta está sujeto a

las fluctuaciones de la marea, a cambios en los niveles freáticos y a una inundación prácticamente permanente.

El Delta tiene tres grandes áreas, el llamado Delta Superior, el Medio y el Inferior. La gran diferencia estriba en la mayor proporción de sedimentos fluviales en el Delta Superior, a lo largo de ríos y caños produciendo un mayor porcentaje de suelos con un mejor drenaje y con menor proporción de arcillas marinas y suelos orgánicos. Por el contrario, el Delta Medio e Inferior están dominados por una planicie cenagosa marina. Desde el punto de vista climático la precipitación va desde los 1 000 mm aumentando hacia la costa y hacia el sur hasta el orden de los 2 000 mm. La vegetación dominante es de bosques, manglares y herbazales.

Los suelos son de origen fluvial o marino, pero en general todos son de una condición de fertilidad baja.

En el Delta Superior predominan los suelos de origen fluvial, esto es el caso de las planicies aluviales de los ríos Amana, Guanipa y Tigre y en los bancos o diques de los ríos del Delta Medio, son de texturas medias y finas con drenajes imperfectos y usualmente Fluvaquents y Aquepts. Los suelos del interior de las islas del Delta Superior son predominantemente turbas oligotróficas sobre arcillas marinas y en algunos casos enterrando suelos de la Mesas Orientales. Las turbas y arcillas marinas son grises oscuras, muchas veces con piritita y con valores de pH alrededor de 5 sin haberse drenado y menores a 4 al drenarse. Predominan los Sulfaquepts y los Tropohemist.

Los suelos del Delta Medio e Inferior ocurren en ciénagas fluvio-marinas y marinas, respectivamente, dominadas por una inundación casi permanente asociada a las mareas dinámicas, a las inundaciones de las lluvias y a los desbordes de ríos y caños. En estas zonas predominan los suelos inmaduros, o que nunca se han drenado por largo tiempo y aun sin estructura, dominados por turbas sobre arcillas marinas, con colores grises, más oscuros al tener piritita, y verdosos, presumiblemente asociados a la presencia de glauconita. Taxonómicamente dominan los Hydraquents, Sulfaquents, Tropofibrists y Tropohemist.

Un ejemplo de esta clase de suelos que representa lo más característico del Delta es tomado de los estudios agrológicos realizados durante las obras de saneamiento (Trujillo, 1970) en islas como: Coquina, Guara, Manamo y Tucupita. En los centros de las islas predo-

minan suelos con una capa importante de turba, que si es muy gruesa da origen a suelos orgánicos como los Fibrist y Hemist, pero si es delgada da origen a Hydraquents. En todo caso, se encuentran en posiciones cóncavas, saturadas por lluvia y rebalse de caños por la mayoría de los meses del año, con MO tipo turba, superior al 15 o 20%, de color gris oscuro y de variables espesores (25 cm hasta más de un metro) descansando sobre arcillas grises verdosas inmaduras o sin consistencia y ricas en piritita de origen marino o estuarino. Su pH reducido es del orden de 5 o algo superior con saturaciones de base del orden del 20%, pero al oxidarse bajan a valores de pH de alrededor de 3 causando severos daños al suelo y al ambiente en general.

Sólo en el Delta Superior y en las planicies aluviales predeltaicas mejor drenadas, se tiene un uso ganadero extensivo y algunos cultivos como cacao, plátano, coco, y conucos. Las zonas inundadas del Delta Superior, Medio e Inferior deben permanecer bajo la cobertura original protectora, por los altos riesgos de acidificación de la piritita y los altos costos y riesgos de alterar la dinámica hidrológica actual.

### Zonas costeras Caribeñas

Corresponde esta zona a una serie de valles y albuferas cercanas o próximas a la Costa Caribeña, fundamentalmente caracterizados por un hidromorfismo asociado a fluctuaciones del nivel freático, en otros casos a inundaciones y con suelos pesados y en muchos casos salinos e incluso salino-sódicos. La sumatoria de esas áreas da una superficie de alrededor de las 300 000 ha.

Las principales zonas de oeste a este son:

- \* La Ciénaga de Sinamaica, al sur de la Guajira venezolana, constituida por una planicie cenagosa marina, formada por albuferas y marismas. Los suelos predominantes son Aquepts, arcillosos, salinos, saturados permanentemente con aguas de lluvia y fluctuaciones de la mesa de agua. Está dentro de una zona árida con alrededor de 600 mm de precipitación y con un uso de bosque natural protector. Su extensión es de alrededor de 480 km<sup>2</sup>.
- \* El valle de los ríos Socuy y Limón, en la Baja Guajira. Son planicies de desborde con abundantes áreas sujetas a inundación periódica y salina. La precipitación es de alrededor de 900 mm. Los suelos son arcillosos, salinos y mal drenados, ocupando alrededor del 10% del paisaje o cerca de 5 000 ha y los imperfectamente drenados alrededor de 65% o 42 000 ha. En total tenemos cerca de 47 000 ha. En su mayor parte son usados en ganadería y siembras de arroz.
- \* La cuenca baja del río Palmar en el litoral del Lago de Maracaibo presenta inundaciones fluvio-marinas y un clima estacional con alrededor de 1 200 mm. Se presentan ciénagas con suelos arcillosos y salino-sódicos del suborden Aquepts. La superficie es de alrededor de 16 000 ha., y su principal uso es ganadero.
- \* El valle bajo de los ríos Ricoa, Hueque y Remedios, se encuentra localizado en el estado Falcón. Son 116 000 ha de planicies semiáridas, de las cuales prácticamente todos son arcillosos, salinos y con drenaje imperfecto o inundables. La gran mayoría son ligeramente alcalinos, pero cerca de un 20 % de los mismos son ácidos y salinos representando la mayor superficie de estos suelos (salino ácidos) señalados en el país. Casos representativos de esta condición salino-ácida fue presentada por Pla y Florentino (1985). En la misma se postula que estos suelos, muy arcillosos y con evidencias de hidromorfismo, son a la vez, ligeramente salinos en superficie aumentando con la profundidad y sucediendo lo mismo con el pH que es del orden de 4 en superficie y sube a 5 o 6 en profundidad. Se presenta la hipótesis que primero fueron ácido sulfatados y luego por efecto de aguas de mar, evidenciado por el predominio de cloruros de sodio y magnesio, y posteriormente mejoría del drenaje, se aumento el pH y se redujeron las sales en el suelo. Hay Usterts, Aquepts y Camborthids. La precipitación es de alrededor de 900 mm. Predominan matorrales y espinares. Su uso principal es el ganadero y últimamente el cultivo de camarones.
- \* Los valles marítimos occidentales, entre otros los de Yaracuy y Aroa, son parte de planicies de desborde terminales y cordones litorales dominados por suelos con texturas medias y finas y taxonomía variada como los Aquepts, Fibrist, Usterts y Ustalfs. Los más cercanos al litoral son arenosos, salinos, algunos sódicos y dominados por Psamments. Hay un estimado de 50 000 ha. El clima es estacional con alrededor de 1 100 mm, bajo uso ganadero y cocoteros.

En el siguiente Cuadro se resumen los resultados anteriormente descritos:

**CUADRO.** Superficies con suelos mal drenados en Venezuela.

Áreas	Héctareas	%
Llanuras Deltaicas		
Continetales	7 600 000	42
Llanos de Apure	4 600 000	25
Delta del Orinoco y Llanura		
Deltaicas Orientales	4 200 000	23
Sur del Lago de Maracaibo	1 500 000	8
Zonas Costeras Caribeñas	300 000	2
<b>Total</b>	<b>18 200 000</b>	<b>100</b>

### CONCLUSIONES

- De esta revisión y análisis sobre los suelos mal drenados y con características de reducción en Venezuela, se puede concluir acerca de la gran importancia que estos tienen al ocupar extensas áreas de nuestras zonas planas, cerca del 20% del territorio nacional.
- Adicionalmente, se puede destacar la gran variedad de situaciones que presentan. Así, se encuentran suelos orgánicos en el Delta del Orinoco, suelos minerales desde muy recientes en los Llanos Occidentales y en el sur del Lago de Maracaibo, hasta suelos con desarrollos pedogenéticos intermedios como en los Llanos Centrales, y de gran desarrollo pedogenético como en los Llanos de Apure.
- Finalmente, como casos especiales se encuentran los que ocurren en las zonas costeras los cuales están dominados por suelos salinos, salino sódicos y salino ácidos. Taxonómicamente, predominan los órdenes de los Histosoles, Vertisoles, Inceptisoles, Entisoles, Ultisoles y Alfisoles.
- Toda esta diversidad de situaciones plantea una gran variedad de características y cualidades que deben ser estudiadas por separado para poder establecer la mejor forma de uso y manejo particular a cada situación.

### BIBLIOGRAFÍA

- Brinkman, R. 1979. Ferrollysis: A Hydromorphic soil forming process. *Geoderma* 3:199-206.
- Comerma J. y E. Chacón. 2002. Aptitud de los llanos Venezolanos para los principales usos ganaderos. **In:** R. Romero, J. Arango y J. Salomón (Eds.). XVIII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV. Maracay. 193-216 p.
- Comerma, J. y O. Luque. 1971. Los principales suelos y paisajes del estado Apure. *Agronomía Tropical* 21(2):1-103.
- Comerma, J. y R. Paredes. 1978. Principales limitaciones y potencial de las tierras en Venezuela. *Agronomía Tropical* 28(2):71-85.
- ESRI. 1998. Programa ArcView, versión 3.2. California, USA.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. 1982. Sistemas Ambientales Venezolanos. Región Natural 2, 5, 10, 13, 14, 15, 17,19 y 30. Caracas, Venezuela.
- Schaergel, R. y A. Gonzáles. 1970. Estudio Agrológico Preliminar: Sector Bruzual y Mantecal. Ministerio de Obras Públicas. División de Edafología. Caracas, Venezuela.
- Kijewski, R. P. Stagno, J. Colina y J. Parra. 1973. Estudio de suelos semidetallado zona Río Escalante-Río Zulia. Sur del Lago de Maracaibo. Ministerio de Obras Públicas. Caracas., Venezuela.
- Pla, I. y A. Florentino. 1985. Diagnóstico de problemas de salinidad en suelos "salino-ácidos" de las llanuras costeras al norte de los estados Falcón y Anzoátegui. *Rev. Fac. Agronomía UCV, Maracay, XIV (1-2):117-123.*
- Soil Survey Division Staff (U.S.D.A.). 1993. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Washington, D.C., U.S.A.
- Soil Survey Division Staff (U.S.D.A.). 2003. Keys to Soil Taxonomy. 9<sup>th</sup> Edition. Natural Resources Conservation Service. Washington, D.C., USA.
- Trujillo, J. 1970. Estudio semidetallado agrológico de la parte sur de la isla de Manamito. Corporación Venezolana de Guayana (CVG). División de Recuperación de Tierras y Desarrollo Agroforestal. 120 pp.

## CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CANOABO EN EL ESTADO CARABOBO, VENEZUELA. I. ANÁLISIS CLIMÁTICO Y DE PRODUCCIÓN DE AGUA

## CHARACTERIZATION OF THE RIVER BASIN CANOABO IN THE STATE CARABOBO, VENEZUELA. I. CLIMATIC ANALYSIS AND OF WATER PRODUCTION

Víctor A. Sevilla L.\*, Juan A. Comerma G.\*\* y Oscar Silva\*\*\*

\*Investigador. Pequiven. Gerencia Agroambiental. Morón, estado Carabobo. Venezuela. Email: victor.sevilla@pequiven.com

\*\*Investigador jubilado. INIA. Email: fliacomermas@cantv.net

\*\*\*Profesor. UCV. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. Venezuela. Email: osilva@agr.ucv.ve

### RESUMEN

El objetivo del trabajo es caracterizar el clima y la producción de agua en la cuenca del río Canoabo, Venezuela, analizando la información disponible, escasa e incompleta, y empleando, de manera combinada metodologías convencionales, modelos digitales de terreno y de simulación e interpolación (EPIC, SWAT, BALDIA y Co-Krigging), para así lograr resultados cartografiados, rápidos y confiables. Los resultados muestran que la distribución de la temperatura y evapotranspiración siguen la zonalidad vertical de las curvas de nivel, que van desde 130 hasta 1 700 m.s.n.m. Por su parte, la precipitación es bastante uniforme, sólo con un ligero aumento hacia las zonas más altas, pero por la reducción de la temperatura en ese mismo sentido, se logra una diferenciada situación del número de meses húmedos, los cuales van desde 6 en las zonas bajas hasta 10 meses en las más altas. La producción media anual de agua de la cuenca es del orden de  $36,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ . La contribución fundamental de este trabajo radica en las zonas altas es determinante no sólo en un mayor balance hídrico, sino de una considerablemente menor escorrentía por la presencia de bosques, en comparación con las áreas sabanizadas. La contribución fundamental de este trabajo radica en la combinación de métodos convencionales con modelos predictivos y espacializadores permitieron, con poca data climática, generar resultados considerados confiables.

**Palabras Clave:** Cuenca hidrográfica; recursos naturales; climatología y modelos de simulación.

### SUMMARY

The purpose of the present paper is to characterize the climate and water production in a watershed of river Canoabo, Venezuela, that has incomplete and scarce information, combining conventional methods with a digital elevation model, and simulations models like EPIC, SWAT, Baldia and co-krigging, to reach quick and satisfactory mappable products. Results showed that temperature and evapotranspiration follow the contour lines and an elevation function, which range from 130 m to near 1 700 m.o.s.l. Rainfall is rather uniform throughout the watershed, only a noticeable increase occurs with elevation, but affecting drastically the number of wet months which range from 6 in the lower valleys to 10 or more in the high mountains. The average annual water production in the watershed is  $36.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ . The contribution to water production of the high mountains is notorious, not only for the more positive water balance but also due to the dense cover of the forest reducing runoff in comparison to the pasture lands lower down. The combination of conventional methods together with models that helps predicting and mapping variables which were scarce, supports the idea of trustable results.

**Key Words:** Watersheds; natural resources; climatology and simulations models.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Canoabo es un área estratégica para la economía y la sociedad de una parte importante de la región costera centro-occidental de Venezuela: abastece de agua a un grupo de industrias de refinación de hidrocarburos, petroquímica y generación de energía eléctrica. Además, es la única cuenca local que cuenta con un embalse.

La cuenca del río Canoabo, ubicada al oeste del estado Carabobo, Venezuela contribuye a suplir de agua a las poblaciones del eje Urama - Puerto Cabello y a un grupo de industrias básicas. La producción de agua está condicionada inicialmente por el clima, de allí lo indispensable de su caracterización, pero adicionalmente, es un elemento básico para las evaluaciones agroambientales y desarrollo de planes de uso y manejo.

Últimamente ha presentando signos de degradación ambiental como consecuencia de la deforestación de bosques, erosión de los suelos, sedimentación y contaminación por vertido de aguas servidas a los cursos de agua. Con ello, se amenaza la estabilidad y compromete la prestación de servicios ambientales y socio productivos.

El principal servicio ambiental de una cuenca hidrográfica, la producción de agua, está condicionado particularmente por el clima, de allí lo indispensable de su caracterización y evaluación. Adicionalmente, el clima es un factor básico para la evaluación y planificación del ambiente en cuanto regular el uso, conservar los recursos naturales y lograr la sostenibilidad de los servicios que presta la cuenca.

Como es el caso común de muchas cuencas hidrográficas de importancia, la información básica en la cuenca del río Canoabo es escasa e incompleta, lo cual pondría una limitante tanto para la evaluación como la planificación de la misma. No obstante, el uso combinado de herramientas de apoyo para la investigación y gestión ambiental como lo son los modelos de simulación hidrológica y los sistemas de información geográfica, pueden ser particularmente útiles a los fines de compilar, procesar y derivar información ambiental y mejorar el proceso de toma de decisiones que implica el manejo de cuencas hidrográficas.

En este trabajo, se caracterizan cuantitativa y espacialmente algunas características del clima y de la producción de agua de la cuenca del río Canoabo, no sólo a los fines del propio manejo y mejoramiento de la misma, sino como aporte metodológico en cuanto a la integración de diversos métodos para el análisis espacial y funcional de procesos ambientales.

### Ubicación y descripción general del área de estudio

La cuenca presenta una superficie de 14 508 ha y drena al Mar Caribe. Se ubica en la Cordillera de la Costa de Venezuela, al nor-occidente del estado Carabobo (ver Figura 1). Alberga a una población aproximada de 6 500 habitantes y surte de agua a poblaciones de importancia como Morón y Puerto Cabello (aproximadamente 300 000 habitantes) y a industrias básicas estratégicas como la refinera de hidrocarburos El Palito, la planta petroquímica de Pequiven y la planta de generación eléctrica Plantacentro, instalaciones de relevancia nacional. Cuenta con un embalse (Canoabo) de 234 ha de superficie actualmente y  $80 \times 10^6 \text{ m}^3$  de capacidad, del cual se aprovechan aproximadamente  $55 \times 10^6 \text{ m}^3$  para consumo humano e industrial.



FIGURA 1. Ubicación relativa de la cuenca del río Canoabo.

La cuenca cuenta con una red vial de 179 km, de regulares a malas condiciones. La mayor parte del relieve de la cuenca es montañoso (Figura 2), disectado longitudinalmente por un valle estrecho. La altitud varía entre 135 m.s.n.m., en el Piedemonte litoral del norte y 1 700 m.s.n.m., en las crestas de montaña en el sur.

El clima es variable, y depende en gran medida de la altitud, con precipitaciones que varían entre 1 000 y 1 200 mm. En las áreas bajas la zona de vida es de tipo Bosque Seco Tropical en las medias Bosque Seco Premontano y de Bosque Húmedo Premontano en las zonas altas. Las vegetaciones asociadas a dichas áreas son en general de Bosque decíduo, semidecíduo y nublado, respectivamente. La mayor parte de la cuenca ha sido afectada por la introducción de sistemas de producción agrícola de cítricos y de ganadería extensiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de la cartografía básica, se georeferenciaron las cartas 1:25 000 del Instituto Geográfico

Venezolano Simón Bolívar (IGVSB), y se vectorizaron en pantalla la hidrografía, curvas de nivel, vialidad, poblados y cuerpos de aguas. Esta información se actualizó mediante el uso de una Imagen de Satélite (LANDSAT7 ETM 2000) y de Ortofotomapas 1:65.000 del IVGSB (año de vuelo 1996). Apoyándose en los elementos geográficos anteriormente mencionados y con base en las partes de aguas, se delimitaron los perímetros de la cuenca y subcuencas. Se elaboró un Modelo Digital de Elevación (MDE), el cual resultó un elemento fundamental para obtener las variables climáticas, temperatura y evaporación, así como también para analizar las pendientes, estimar la erosión actual y los riesgos de erosión, separar unidades de suelos, clasificar las tierras por capacidad de uso y determinar las áreas bajo inundación. Para diseñar el MDE se utilizó la herramienta TOPOGRID, de ArcGis versión 9,0 (ESRI, 2005), así como para realizar una distribución continua de la altura a partir de la interpolación ponderada inversa de la distancia (IDW). Este módulo utilizó como elementos básicos las curvas de nivel, la hidrografía, y los cuerpos de agua. Finalmente se obtuvo un mapa raster de altitud con curvas de nivel cada 10 m.

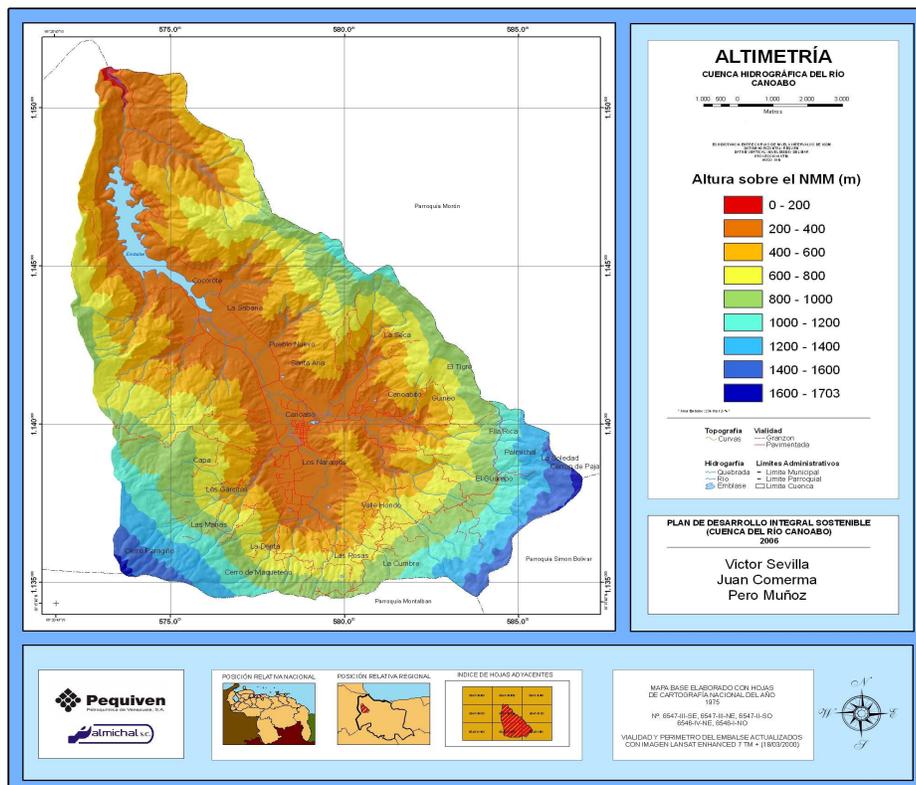


FIGURA 2. Modelo digital de elevación (MDE).

La caracterización climática comenzó con la selección de estaciones de Hidrocentro, MARN y Palmichal, (Cuadro 1), cuatro dentro de la cuenca y siete en sus alrededores, pero con semejanza en sus condiciones ambientales. La data fue revisada en cuanto a su calidad, longitud de los registros, existencia de datos faltantes y englobados y la presencia de información extraña.

Los datos faltantes de precipitación se generaron mediante el modelo EPIC (Williams *et al.*, 1984; USDA-ARS-BRC, 1997). Ello permitió obtener series continuas estadísticamente homogéneas. Este procedimiento consistió en: a) selección de años sin información faltante; b) cálculo de los parámetros de generación climática mediante el programa WXPM7240 accesorio de EPIC; c) estimación de datos faltantes con EPIC.

Para obtener el mapa de temperaturas, se desarrolló un Modelo digital de temperatura media anual. Para ello, se obtuvo una ecuación lineal que asoció la altitud (H; m) con la temperatura media anual (TPC; °C), la cual se aplicó al modelo digital de elevación:

$$\text{TPC} = 26,2 - 0,0059H;$$

Esta expresión tomó como base la ecuación propuesta por Jaimes y Elizalde (1990), que relaciona altura con temperatura para 200 estaciones del país, la cual se

ajustó a los valores propios mediante modificación del intercepto de la ecuación original. Estos resultados se acercaron más a las temperaturas obtenidas en la cuenca señaladas por otros estudios como el de Tarazona, (2004).

La evapotranspiración ( $E_{to}$ , mm) se estimó según la información de evaporación en tina (E, mm):

$$E_{to} = 0,8 E$$

La información de las dos únicas estaciones con registros se espacializó según la ecuación lineal obtenida de sus altitudes y evapotranspiración estimada:

$$E_{Te} = -0,8103 H + 1723,5$$

Donde:

$E_{Te}$ : es la evapotranspiración estimada (mm).

H: la altitud para cada punto del modelo digital de elevación (m.s.n.m.).

Los límites de las delineaciones del mapa digital de evapotranspiración obtenido se corrigieron según el tipo de vegetación.

Para obtener el **Modelo digital de precipitación media anual** se usaron los valores de precipitación anuales dentro del intervalo de confianza del 95% para el período 1968 - 2003. Ello aseguraba que por lo menos en cada nueve de diez años, ocurrirían los promedios de precipitación utilizados.

**CUADRO 1.** Estaciones meteorológicas seleccionadas.

Estación	Serial	Origen	Tipo	Tipo de datos	Altitud (m.s.n.m.)	Nº de años de registro real	Años de registros
Represa	S/S	Hidrocentro	C2	Diario	265	11	1993 - 2004
Canoabo	1370	MARNR	Pr	Diario	300	12	1967 - 2004
Palmichal	6380	Palmichal	C2	Diario	1 000	18	1988 - 2005
Cerro de Paja	S/S	Palmichal	Pr	Diario	1 650	03	1993 - 1996
Urama	1336	MARNR	Pr	Diario	19	15	1964 - 1993
La Justa	S/S	Palmichal	Pr	Diario	280	18	1988 - 2005
El topo	S/S	Palmichal	Pr	Diario	880	03	1991 - 1994
Chirgua Cabecera	1318	MARNR	Pr	Diario	770	14	1967 - 2000
Montalbán	1365	MARNR	Pr	Diario	700	10	1966 - 2004
Temerla		MARNR	Pr	Anual	435	N/A	N/A
Valencia - San Luís		MARNR	Pr	Anual	470	N/A	N/A

Los valores de precipitación se espacializaron usando el modelo de predicción CoKriging en ArcGis versión 9,0 (ESRI, 2005). Este modelo permite que otra variable, en este caso la vegetación, corrija posibles errores de estimación debido a la escasez de estaciones y a la desigualdad entre los valores. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Análisis exploratorio de los datos, comprobando su consistencia y eliminando valores erróneos.
- Análisis estructural de la precipitación según su continuidad espacial mediante un semivariograma experimental y su posterior ajuste que mejor explique su variabilidad espacial.
- Predicciones mediante el Cokriging ordinario, estimando precipitación en puntos no muestreados, considerando los pesos proporcionados por el modelo y la estructura de correlación espacial de los datos.
- Validación del modelo de semivariograma, mediante el método de validación cruzada, usando las ecuaciones del Cokriging de modo retrospectivo. Así, de manera secuencial, se suprime cada dato del análisis y se predice con el resto de los datos, después se calculan para cada punto las diferencias entre el valor pronosticado y el observado. Con ello, se obtienen los errores de la predicción. El análisis de estos errores mediante ciertos estadísticos y gráficos, proporciona una medida de la bondad de ajuste del modelo usado para la estimación. Cuanto más próximas a cero sean la media de los errores y la media tipificada, menos sesgadas serán las predicciones. Así mismo, cuanto más pequeño el error cuadrático medio, más se aproxima el valor de la predicción al valor real. Para valorar la variabilidad de la predicción se utiliza el error típico medio que tiene que estar próximo al error cuadrático medio para que la variabilidad sea la correcta. Sería similar decir que el error cuadrático medio tipificado tiene que estar próximo a 1 (Cañada, 2004).

Con la finalidad de obtener un **Modelo de número de meses húmedos (NMH)**, se consideró mes húmedo aquel donde la precipitación media (PP, mm) es mayor o igual a la mitad de la ETo (mm) y, además, llueve en más de la mitad de los días del mes (Parra y Puche, 2004). Relacionando los NMH con el índice PP/ETo, se logra la ecuación:

$$\text{Número de meses húmedos} = 5,7888 * \text{Ln}(\text{PP/Eto}) + 8,953$$

La cual mostró un  $r^2$  de 0,90. Esta ecuación una vez aplicada en cada estación fue espacializada a la cuenca a través del modelo digital de PP/ETo.

Como una síntesis climática y para numerosos fines posteriores de este trabajo, se obtuvo un **Mapa de zonas de vida de Holdridge**. Ewel y Madriz (1968), señalan que se puede lograr su determinación a partir de la precipitación, temperatura y altura. Según esto, y haciendo uso de los modelos digitales correspondientes y el software ArcGis versión 9,0 (ESRI, 2005), se procedió a delinear las zonas de vida, según los intervalos propuestos por Holdridge (Ver Cuadro 2).

**CUADRO 2.** Definición de zonas de vida en la cuenca del río Canoabo.

		Temperatura media anual (°C)		
		16 - 18	18 - 24	24 - 26
Precipitación (mm)	850 - 1 000	Bs-Mb	Bs-P	Bms-T
	1 000 - 1 100	Bh-Mb	Bs-P	Bs-T
	1 100 - 1 250	Bh-Mb	Bh-P	Bs-T

\*Bs-Mb: Bosque seco montano bajo, Bs-P: Bosque Seco Pre montano; Bms-T: Bosque muy Seco Tropical; Bh-Mb: Bosque Húmedo Montano bajo; Bs-P: Bosque Seco Pre montano; Bs-T: Bosque Seco Tropical; Bh-P: Bosque Húmedo Pre montano.

**La producción de agua**, es decir, el agua de origen superficial y subsuperficial que llega a diversos cauces y puede ser aprovechada, se evaluó según las características generales del río Canoabo, la magnitud de la escorrentía superficial y subsuperficial y sus variaciones espaciales. Para ello, se siguieron dos fases metodológicas: a) predictiva: empleo de los modelos BALDIA (Rojas, 2006) y SWAT (USDA- ARS-BRC, 2005) para estimar los componentes de la producción de agua y b) analógica: estimación del régimen de producción de agua de la cuenca en estudio partir de la información de una cuenca vecina (río Urama), lo cual sirvió de elemento de validación de lo anterior.

**BALDIA** es un programa de cálculo de balance hídrico diario escrito en Quick Basic, el cual fue desarrollado inicialmente para programación de riego en el año 1985 y luego adaptado para incluir drenaje. Este programa se basa en las relaciones agua-planta-atmósfera (Rojas, 2006). La información requerida para su empleo, es: a) precipitación diaria; b) evaporación diaria o mensual y

c) datos del suelo y cultivos. La información de salida proporcionada por BALDIA, incluye: a) percolación; b) escurrimiento; c) déficit; d) días de exceso; e) precipitación; f) precipitación máxima diaria; g) escorrentía máxima diaria; h) escorrentía total y i) evapotranspiración real.

**SWAT** (Soil and Water Assessment Tool) es un programa de modelación hidrológica diseñado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en conjunto con la Universidad de Texas (Arnolt *et al.*, 1999). Este modelo permite simular la producción de agua y sedimentos en cuencas hidrográficas, así como el efecto que en la calidad del agua tienen las prácticas agronómicas por el uso de pesticidas y fertilizantes. El SWAT se basa en un balance hídrico para determinar la entrada, salida y almacenamiento de agua en cuencas. Para la modelación, la cuenca hidrográfica se divide en pequeñas subcuencas con el fin de mejorar la exactitud de los cálculos.

El programa BALDIA se empleó para obtener el balance de componentes de la producción de agua en áreas homogéneas. Se empleó un registro de precipitación diaria de 18 años de la estación Palmichal. Mediante el modelo SWAT se estimó la distribución espacial de la magnitud de la producción de agua, dividiendo el área en microcuencas.

El mapa obtenido de producción de agua se ajustó con la ayuda del modelo digital del número de meses húmedos, con el fin de mejorar sus límites espaciales, y tomar en cuenta, además de aspectos hidrológicos e hidrográficos, elementos expresivos del comportamiento climático en la cuenca como la precipitación, evapotranspiración y pisos altitudinales. Un ejemplo de ello es la clara separación del bosque semidecídulo del bosque nublado.

**CUADRO 3.** Calificación de la producción de agua.

Producción de agua (mm año <sup>-1</sup> )	Calificación
Menos de 230	Baja
230 - 260	Media
260 - 280	Alta
Más de 280	Muy alta

Finalmente los niveles de producción de agua de cada microcuenca, se calificaron según la escala mostrada en el Cuadro 3.

Con la finalidad de validar los resultados obtenidos con la metodología anterior, se empleó el análisis de la escorrentía de la cuenca del río Urama. Las cuencas del río Canoabo y Temerla, conforman la cuenca del río Urama (440 km<sup>2</sup>) la cual posee registros de caudales (1945-1967), a escasos kilómetros de la confluencia del Canoabo. La similitud de los valores de precipitación para toda la cuenca de Urama indica que es posible estimar valores promedio de rendimiento de la cuenca del río Canoabo, con base en los valores medidos del río Urama.

Diversos parámetros conocidos de la cuenca del río Urama (MARNR, 1983 citado por Tarazona, 2004) fueron relacionados con valores de las características climáticas de la cuenca del río Canoabo, con lo cual se obtuvieron promedios de escorrentía. En el Cuadro 4 se muestran los parámetros empleados.

**CUADRO 4.** Parámetros hidrológicos de la Cuenca del río Urama empleados para estimar la escorrentía del río Canoabo.

Relación: escorrentía / precipitación	0,2
Escorrentía media	252,2 mm
Gasto mínimo de estiaje	0,2 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> = 0,465 l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>

Fuente: (MARNR, 1983 citado por Tarazona, 2004)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Clima

La Figura 3 muestra la distribución de la temperatura, notándose claramente una distribución vertical y concéntrica con las curvas de nivel. Los valores medios anuales varían desde 16 °C en el extremo sur (crestas de montañas), hasta 25,5 °C, en el fondo del Valle del río Canoabo. Las variables de temperaturas mínimas, media y máximas mensuales, sólo se caracterizaron para el Bosque Húmedo Premontano, por encima de los 800 m.s.n.m., debido a que es la única área que posee una estación meteorológica completa y por consiguiente

poseía datos para el análisis de las mencionadas variables. Los resultados evidenciaron un régimen bimodal, con los máximos en mayo y septiembre; y los mínimos en diciembre y febrero. En esta zona de Bosque Húmedo la variación de la temperatura interanual resultó baja, mostrando coeficientes de variación para la temperatura media de 1,8%; para la máxima 5% y para la mínima del 6%.

La Evapotranspiración presenta valores mensuales promedio entre 111 y 148 mm en las zonas bajas, y entre 62 y 92 mm en la zona de montaña. Los valores más altos de ETo anual (alrededor de 1 400 mm), corresponden al valle del río Canoabo. En las montañas, a más de 1 600 m.s.n.m., en el sector de Cerro de Paja, estos valores varían entre 400 y 600 mm.

En la Figura 4, se puede ver que la precipitación se comporta de manera relativamente uniforme, con una variación aproximada entre los 1 000 y 1 200 mm promedio anual. El patrón de mayor cobertura espacial corresponde con las áreas de bosque nublado, (especialmente por encima de 800 m de altitud). En ellas, con

una frecuencia del 95%, la precipitación varía entre 1 115 y 1 290 mm anuales, con un promedio de 1 220 mm. En menor proporción, se tienen áreas más secas, de bosque decíduo, ubicadas en el centro de la cuenca, con precipitación, al 95% de probabilidad, entre 936 y 1 038 mm anuales, con un promedio de 987 mm.

En general, la variación de los promedios anuales se consideró de baja a media, con coeficientes de variación entre 12 y 23%, los valores bajos a medios se relacionan con las posiciones altas (> a 700 m.s.n.m.) bajo bosques semidecíduos y siempreverde (nublados), por otro lado los valores altos se consiguen en tierras bajas, bajo un bosque decíduo.

El patrón de las precipitaciones es bimodal, con un máximo en julio y otro entre septiembre-octubre, un mínimo relativo en agosto y un mínimo absoluto en enero-febrero, como se muestra en la Figura 5. Se observa un período lluvioso a partir de mayo a octubre, que puede llegar a noviembre. El período seco comienza en diciembre y se extiende hasta marzo.

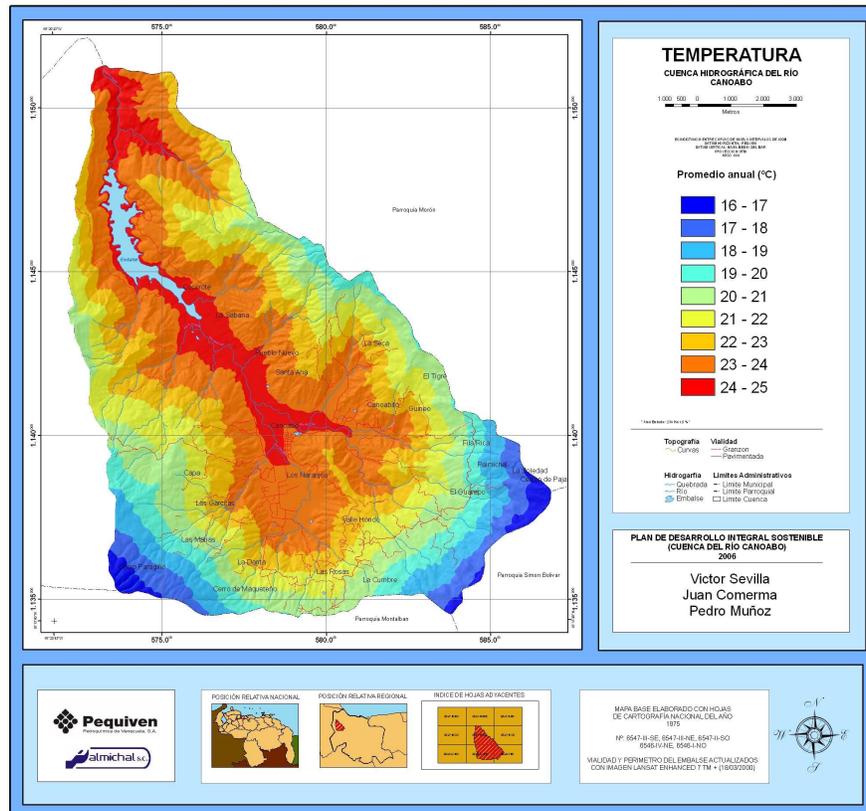


FIGURA 3. Modelo digital de temperatura media anual.

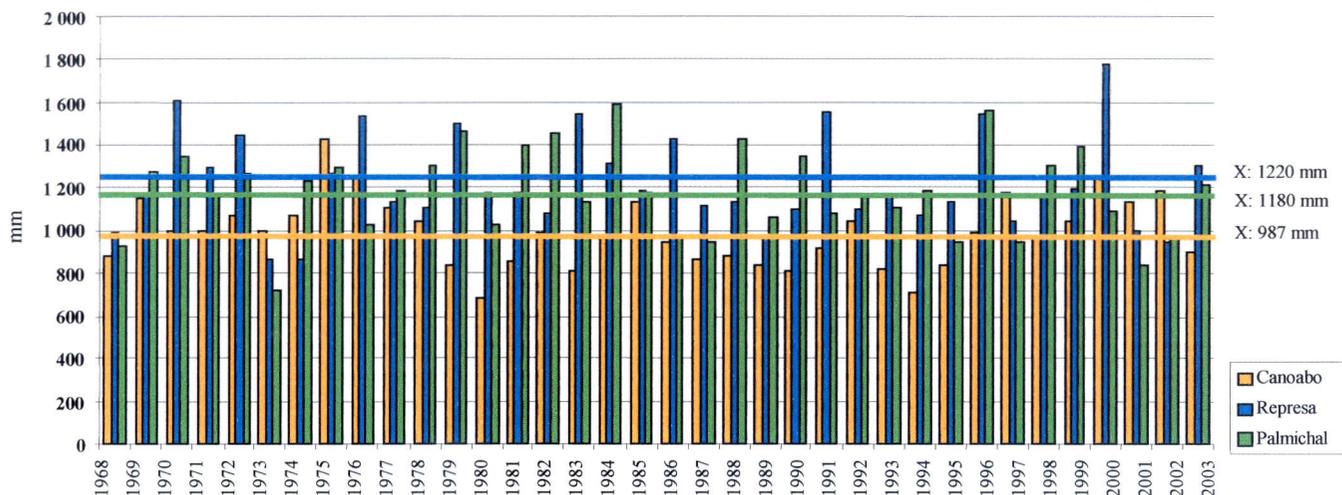


FIGURA 4. Precipitación media anual de las estaciones dentro de la cuenca.

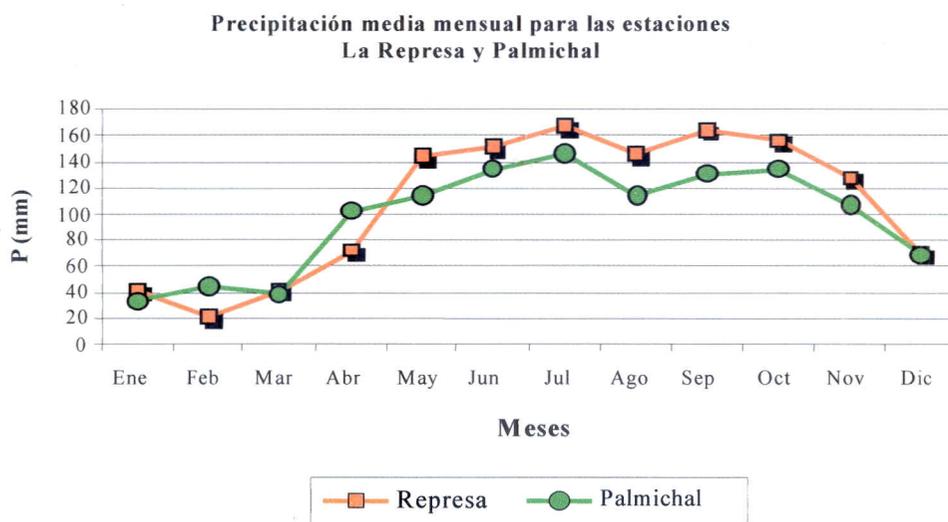


FIGURA 5. Precipitación media mensual para las estaciones La Represa y Palmichal.

La Figura 6, muestra que la distribución de la precipitación media anual es semiconcéntrica, encontrándose que las zonas de mayor precipitación están al Sureste, en el sector montañoso de Palmichal y Cerro de Paja. Se estima que, y como es característico en estas serranías, el origen de estas lluvias sea convectivo, debido a la orogenia del lugar e impulsado por los vientos provenientes del norte.

El otro sector de mayores precipitaciones es al norte, en zonas relativamente bajas, pero que todavía están bajo un efecto residual del frente frío del norte proveniente del Mar Caribe. En sus trabajos Rojas (2006),

indica que la lluvia promedio de 1 hora está en el orden de los 35 a 55 mm y que la lluvia de 15 minutos representa entre el 40 y 50% de la lluvia total de un evento, lo cual se puede resumir en que las lluvias son de alta intensidad y de corta duración.

En cuanto al NMH es evidente que las zonas con más humedad se ubican al sur de la cuenca en ambos vértices (zona montañoso). En ellas, hay entre 10 y 12 meses húmedos, debido a factores como: a) es el área con mayor cantidad de lluvia en la cuenca (más de 1 200 mm) y b) se ubica en alturas sobre los 800 m.s.n.m., con menores temperaturas y mayor nubosidad y, por lo tanto, menor evapotranspiración.

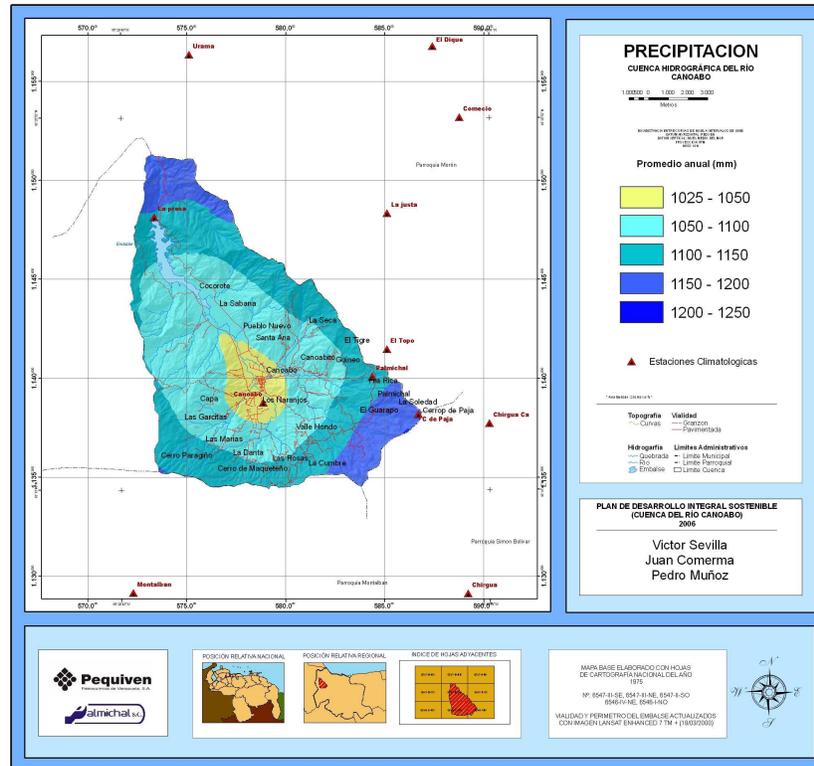


FIGURA 6. Modelo digital de precipitación media anual.

Estas condiciones ambientales, a su vez, son causa de otros factores que favorecen la captura y retención de humedad: la vegetación boscosa, con mayor biomasa, tiene relativa alta capacidad de atrapar la neblina y producir la llamada lluvia horizontal; y podría haber también un importante aporte de agua por parte del rocío debido a las menores temperaturas nocturnas.

Las áreas más secas, presentan 6 meses secos y se ubican en el centro del valle del río Canoabo, donde las temperaturas son más altas y hay más evapotranspiración. En esta zona los suelos son altamente erosionables, sin embargo, el potencial de escorrentía es bajo, debido principalmente a la baja pendiente ( $< 3\%$ ), lo que permitiría el almacenamiento de la poca agua disponible en el subsuelo, o ser empleada por la vegetación presente.

La Figura 7 muestra las Zonas de vida según Holdridge, destacándose que el Bosque Húmedo Premontano ocupa la mayor superficie, unas 5 948 ha (41%) de la cuenca. Su forma es concéntrica alrededor de la cuenca alta, lo cual es una expresión del control que ejerce la altura sobre su ocurrencia. Esta área corresponde con la selva nublada de clima fresco y, se caracteriza por poseer la mayor biodiversidad de flora y fauna.

Desafortunadamente, también es el área con mayor amenaza de deforestación, para la extracción de madera e implantación de cultivos como el café y los cítricos (mandarinas), altamente apreciados en el área. El Bosque Seco Premontano, ocupa unas 4 497 ha (31%) de la cuenca. Muestra la mayor intervención antrópica, en especial por la actividad ganadera, posee menor biodiversidad y mayores problemas de erosión, en especial en el piedemonte, zona donde también se concentran vías de acceso hacia la montaña, lo cual acelera los problemas de erosión. El Bosque Seco Tropical ocupa 3 047 ha (21%) e incluye principalmente el valle, donde se concentran las actividades de porcinos, aves, naranjas y algo de ganadería. El embalse está incluido en el área bajo esta zona de vida.

### Hidrografía y producción de agua

El río Canoabo posee un régimen permanente y una longitud de 18,2 km. Otros ríos importantes que son tributarios del Canoabo son: Capa, Cocorote, Guineo y La Quebrada, Agua Clara; siendo el Capa el de mayor aporte. La longitud total de drenajes en la cuenca es de 562 km, con una densidad de 3,87 km/km<sup>2</sup>.

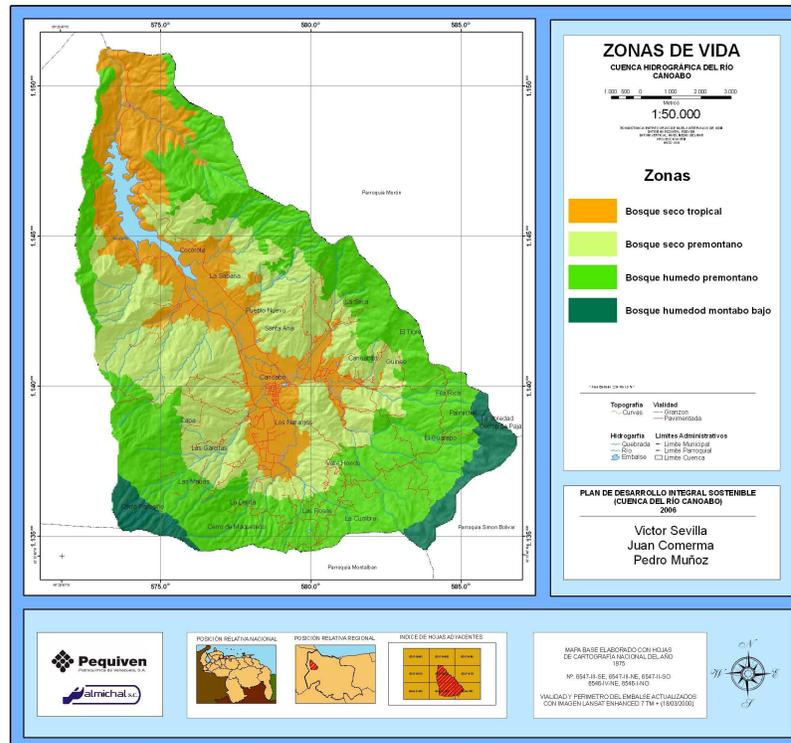


FIGURA 7. Mapa de zonas de vida según Holdridge.

El balance hídrico desarrollado mediante el modelo BALDIA, arrojó una producción de agua de alrededor de 260 mm anuales, valor muy cercano al estimado para el río Urama (244 mm) según sus parámetros hidrológicos. De manera general, apoyado en el modelo BALDIA, se estimó una producción media anual para la cuenca de  $36,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

El modelo señala que los pastos degradados generan la mayor escorrentía superficial y que en los bosques se disminuye dicho fenómeno, además de generarse mayor flujo sub-superficial y agua subterránea. Ello se explica, principalmente, por una mayor infiltración, lo cual causa que en la época seca las cuencas boscosas siempre tengan flujo (caudal de estiaje). Complementariamente, se supone que también colabora con la producción de agua el entrapamiento de la neblina por parte de la vegetación, así como el rocío producto de la mayor humedad ambiental y temperaturas más bajas. Se estimó que los cultivos permanentes ubicados en la zona del valle producen una mayor percolación. Al ser las pendientes más bajas, las pérdidas por escorrentía son menores, y no obstante, el agua infiltrada se pierde verticalmente al no existir una vegetación lo suficientemente densa para aprovecharla.

La Figura 8 muestra como es la distribución de la producción de agua, lo que se corresponde bastante bien con los resultados esperados de acuerdo a los suelos, la precipitación y el uso actual. De esa manera, las cuencas altas con mayor precipitación y con cobertura boscosa, producen más agua; las áreas más planas permiten mayor percolación y por ende menos escorrentía y consecuentemente contribuyen más a la recarga de los acuíferos que al embalse.

## CONCLUSIONES

- El uso combinado de generadores climáticos de modelos de simulación como EPIC, con métodos de interpolación espacial como IDW y Cokriging, puede ser sumamente útil para enfrentar el análisis de información climática en cuencas hidrográficas con información escasa e incompleta. No obstante, debe tenerse presente que con ningún método se sustituye una buena disponibilidad de información y por lo tanto, es conveniente recurrir a valores de referencia que permitan establecer el grado de confiabilidad de las estimaciones o ajustes efectuados. En tal sentido, en el caso de evaluaciones de cuencas

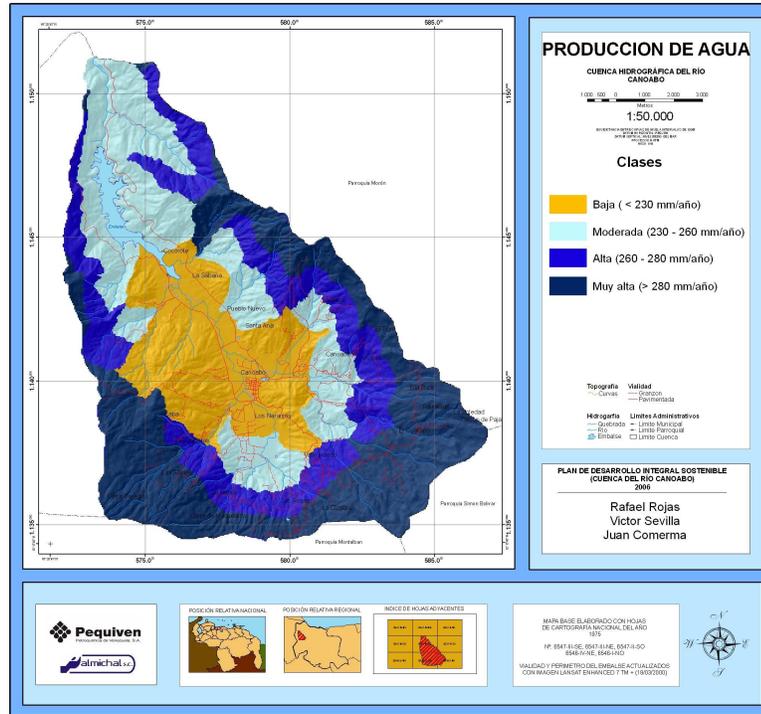


FIGURA 8. Mapa de producción de agua.

hidrográficas, es particularmente útil el uso de la vegetación como elemento de ajuste o corrección de la información climática, así como valores análogos de cuencas cercanas en cuanto a parámetros de producción de agua.

- Metodologías relativamente sencillas como el sistema BALDIA, en conjunto con modelos de simulación más complejos, como SWAT, permiten, aún en cuencas con escasa información, establecer la distribución espacial del potencial de producción de agua y discriminar áreas según el balance entre los componentes de ésta.
- Debe tenerse presente que el desbalance espacial de información en la cuenca puede ocasionar diferencias de calidad en la caracterización de la cuenca, por lo tanto, es conveniente advertir al usuario de la información al respecto.
- Aunque se considere que la precipitación es homogénea en una cuenca, por lo general no es conveniente asumir como homogéneo el régimen de humedad. En cuencas con importantes diferencias de altura, como la estudiada, existen diferencias apre-

ciables de temperatura, lo cual influye a la evapotranspiración, y consiguientemente, al balance hídrico y al potencial de producción de agua. Muestra de ello son las contrastantes formaciones vegetales identificadas en el área y la capacidad productora de agua asociada a éstas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, J. G., J. R. Williams, R. Srinivasan and K. King. 1999. Soil and Water Assessment Tool. USDA-ARS and the Texas A and M University Agricultural Experimental Station, Temple, Texas. 98 p.
- Cañada, M. 2004. Aplicación de la Geoestadística al estudio de la variabilidad espacial del ozono en los veranos de la comunidad de Madrid. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. 12 p.
- ESRI, 2005. ArcGis 9.0. Redland, California, USA. [www.esri.com](http://www.esri.com).
- Ewel, J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Editorial Sucre. Caracas-Venezuela. 264 p.

- Jaimes, E. y G. Elizalde. 1990. El factor altitud como criterio de delineación pedogeomorfológica en áreas de relieve montañoso. *Revista Agricultura Andina*. 5.17-24.
- Parra, R. y M. Puche. 2004. Informe sobre Caracterización del Régimen de Humedad de la Cuenca Alta del río Guárico. Manejo Integral de la Cuenca Alta del río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. 43 p.
- Rojas, R. 2006. Caracterización Hidrológica de la Cuenca del río Canobo, en el estado Carabobo. Informe técnico. PEQUIVEN, Morón. 64 p.
- Tarazona, J. 2004. La Sostenibilidad como estrategia para el Desarrollo de las Comunidades en los Espacios Boscosos: La Experiencia en la Cuenca del río Canobo. Municipio Bejuma. Estado Carabobo. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación, Escuela de Geografía. Caracas, Venezuela. 287 p.
- United States Department of Agricultural. Agricultural Research Service. USDA-ARS. 1997. EPIC. Blackland Research Center. Software. <http://www.brc.tamus.edu/epic>.
- United States Department of Agricultural. Agricultural Research Service. USDA-ARS. 2005. SWAT: Soil and Water Assessment Tool. <http://www.brc.tamus.edu/swat/>
- Williams, J., C. Jones y P. Dyke. 1984. A modeling approach to determining the relationship between erosion and productivity. *Trans. ASAVE*. 27 (1):129-144.

## ABSORCIÓN DE FORMAS DE NITRÓGENO AMONIACAL Y NÍTRICA POR PLANTAS DE PAPA EN LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-SEMILLA

### N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> AND N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> UPTAKE BY POTATO IN THE TUBER SEED PRODUCTION

## ABSORÇÃO DE FORMAS DE NITROGÊNIO AMONIACAL E NITRICA PELA BATATEIRA NA PRODUÇÃO DE TUBÉRCULO-SEMENTE

Héctor M. Coraspe-León\*, Takashi Muraoka\*\*, Vinicius Ide Franzini\*\*\*, Freddy S. Contreras Espinal\*\*\*\* y Paulo C. Ocheuze Trivelin\*\*

\* Investigador. INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Estación Experimental Trujillo, estado Trujillo, Venezuela.  
Email: hcoraspe@inia.gob.ve

\*\* Profesores. Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA)/ Universidad de Sao Paulo (USP), Brasil.

\*\*\* Estudiante de Doctorado. Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" (ESALQ)/ Universidad de Sao Paulo (USP), Brasil.

\*\*\*\* Investigador. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la forma de N (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) más absorbida por las plantas de papa en la producción de tubérculos-semilla, usando el isótopo <sup>15</sup>N. El experimento fue realizado en condiciones de invernadero durante los meses de agosto a noviembre de 2006 en las instalaciones del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Universidad de São Paulo (USP), Brasil. Fue conducido en potes plásticos de 2,3 l de capacidad usando como sustrato arcilla expandida. El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar con 5 tratamientos, referentes a las épocas de aplicación del NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> marcado: 14, 28, 42, 56 e 70 DDT, y 3 repeticiones. Fue usada la solución nutritiva IAC, modificada en cuanto al suministro de N, K y Ca, sustituyéndose el nitrato de calcio y nitrato de potasio por el nitrato de amonio enriquecido con <sup>15</sup>N. Para determinar la eficiencia de utilización del N del nitrato de amonio de las plantas de papa marcadas con <sup>15</sup>N, se consideró el principio de la dilución isotópica, considerándose el enriquecimiento en % de átomos de <sup>15</sup>N, la cantidad de <sup>15</sup>N en la planta y descontándose la variación natural del isótopo estable <sup>15</sup>N. La forma preferencial de absorción del nitrógeno en la fase inicial de desarrollo fue la amoniacal, tornándose a nítrica después de 56 días (formación de tubérculos). El aprovechamiento de N por las plantas, sin embargo, fue siempre mayor con la forma amoniacal aplicada en todos los estadios, con excepción de los 28 días y al final de ciclo.

**Palabras Clave:** *Solanum tuberosum*; absorción de nitrógeno; nutrición mineral; solución nutritiva; <sup>15</sup>N; arcilla expandida ; semilla de papa.

### SUMMARY

The nitrogen is the structural constituent of proteins, several metabolites involved in the synthesis and transference of energy and also of nucleic acids. It is absorbed by plants in the nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) or ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) form. The nitrate uptake varies with cultivar and light intensity. The objective of this research was to determine the preferential form of N (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> or N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) absorbed by the potato plants in seed tuber productions, using <sup>15</sup>N isotope. The experiment was carried out in the greenhouse of Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) / USP, Brazil, using 2.3 l plastic pots, with expanded clays as substrate. The experimental design used was a completely randomized with five treatments, corresponding to the labeled NH<sub>4</sub> or NO<sub>3</sub> (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub> or <sup>15</sup>NO<sub>3</sub>) application time: 14, 28, 42, 56 and 70 days after transplanting (DAT), and three replicates. An IAC nutrient solution was used, modified to supply N, K and Ca, substituting calcium nitrate and potassium nitrate by ammonium nitrate labeled with <sup>15</sup>N. The preferential form of nitrogen absorption at the initial developing stage was the ammonium, changing to nitrate after 56 DAT (tuber formation). The N utilization by the plants, however, was always higher with ammonium form applied in all stages, with the exception at 28 DAT and at the end of cycle.

**Key Words:** *Solanum tuberosum* L.; nitrogen absorption; mineral nutrition; nutrient solution; <sup>15</sup>N; expanded clay; seed tuber.

RECIBIDO: marzo 24, 2008

ACEPTADO: octubre 13, 2008

## RESUMO

O N é constituinte estrutural de proteínas, de muitos metabólitos envolvidos na síntese e transferência de energia e mesmo de ácidos nucleicos. O nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). A absorção de nitrato varia conforme a cultivar e intensidade luminosa como pode ser constatado em diversas culturas. O objetivo deste trabalho foi determinar a forma de N ( $\text{N-NH}_4^+$  ou  $\text{N-NO}_3^-$ ) mais absorvida pelas plantas de batata na produção de tubérculos-semente, usando o isótopo  $^{15}\text{N}$ . O experimento foi realizado em condições de casa-de-vegetação durante os meses de agosto a novembro de 2006 nas instalações do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo (USP), Brasil. Foi desenvolvido em vasos plásticos de 2,3 l de capacidade usando como substrato argila expandida. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com cinco tratamentos, referentes às épocas de aplicação do  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  marcado: 14, 28, 42, 56 e 70 DAT, e três repetições. Foi usada a solução nutritiva IAC, modificada quanto ao fornecimento de N, K e Ca, substituindo-se o nitrato de cálcio e nitrato de potássio pelo nitrato de amônio enriquecido com  $^{15}\text{N}$ . Para determinar a eficiência de utilização do N do nitrato de amônio das plantas de papa marcadas com  $^{15}\text{N}$ , baseouse no princípio da diluição isotópica, considerando-se o enriquecimento em % de átomos de  $^{15}\text{N}$ , a quantidade de  $^{15}\text{N}$  na planta e descontando-se a variação natural do isótopo estável  $^{15}\text{N}$ . A forma preferencial de absorção do nitrogênio no estágio inicial de desenvolvimento foi a amoniacal, tornando-se a nítrica após 56 dias (formação de tubérculos). O aproveitamento de N pelas plantas, porém, foi sempre maior com a forma amoniacal aplicada em todos os estádios, com exceção aos 28 dias e no final do ciclo.

**Palavras Chave:** *Solanum tuberosum*; absorção de nitrogênio; nutrição mineral; solução nutritiva;  $^{15}\text{N}$ ; argila expandida; batata semente.

## INTRODUCCIÓN

El Nitrógeno (N) es constituyente estructural de proteínas, de muchos metabolitos relacionados con la síntesis y transferencia de energía y también de ácidos nucleicos. El N puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La absorción de nitrato y amonio varía conforme la especie, variedad, temperatura, pH e intensidad luminosa como puede ser constatado en diversos cultivos.

El N, es el elemento del suelo más absorbido por las plantas en condiciones normales de cultivo. Por esta razón, es también, el nutrimento que se encuentra más deficiente para la mayoría de los cultivos en todas las

partes del mundo (Black, 1986). La mayor parte del nitrógeno en el suelo se encuentra combinado orgánicamente (Bremner, 1965). Durante el proceso de mineralización de estos compuestos nitrogenados orgánicos ocurre la fase intermedia de formación de aminoácidos y otras formas orgánicas y, a pesar que pueden ser utilizadas por las plantas (Virtanen y Linkola, 1946; Ghosh y Burris, 1949), prácticamente todo el N absorbido del suelo proviene de dos formas de iones inorgánicos,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  (Crocomo *et al.*, 1965; Scarsbook, 1965). Normalmente la planta, en el inicio utiliza el N de la reserva de la semilla, después amonio o nitrato, y finalmente aminoácidos (Ghosh y Burris, 1949).

Las especies y cultivares tienen exigencias diferentes del nutrimento, en relación a la cantidad y a la forma absorbida. El tomate, por ejemplo, es más exigente en calcio, fósforo y potasio que la lechuga, mientras que en papa no existe una definición sobre la mejor composición de la solución nutritiva.

El N puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La absorción de  $\text{NO}_3^-$  varía conforme la variedad e intensidad luminosa como pudo ser constatado en cultivos de lechuga y en otras hortalizas (Rodrigues, 2002).

El N en la forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) no debe sobrepasar 20% de la cantidad total de N en la formulación (Furlani *et al.*, 1999), pero la forma preferencial en la absorción de N, sea nítrica o amoniacal, difiere también con las especies vegetales, conforme observado por Tadano y Tanaka (1976).

El  $\text{NO}_3^-$ , es particularmente sujeto a lixiviación (Gassert, 1959, 1961; Malavolta, 1967, 1980). Mientras que el  $\text{NH}_4^+$  es cargado positivamente, lo que hace que aplicado en el suelo, se adsorba más lentamente debido al intercambio iónico, reduciendo la pérdida por drenaje (Harmsen y Kolenbrander, 1965; Scarsbook, 1965). El  $\text{NH}_4^+$  puede ser fijado por las arcillas con predominancia de vermiculita y montmorillonita (Nommik, 1965).

Cerca de 70% de los cationes y aniones absorbidos por las plantas son representados por  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  (Jungk, 1970, citado por Osaki *et al.*, 1995b), esto hace que las formas de N absorbidas por las raíces sean muy importantes en términos del balance iónico y desarrollo de la planta. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar la forma de N ( $\text{N-NH}_4^+$  o  $\text{N-NO}_3^-$ ) más absorbida por las plantas de papa en la producción de tubérculos-semilla, usando el isótopo  $^{15}\text{N}$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del experimento:** el experimento fue realizado en condiciones de invernadero durante los meses de agosto a noviembre de 2006 en las instalaciones del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Universidad de São Paulo (USP), Brasil.

**Unidad experimental:** fue desarrollado en potes plásticos de 2,3 l de capacidad, conteniendo cada uno 1,8 kg de arcilla expandida Cinexpan, tipo 0500 con densidad aparente de 830 - 890 kg m<sup>-3</sup>, producida por CINEXPAN Industria y Comercio Ltda. (CINEXPAN, 2006).

**Características del sustrato y material de siembra:** las propiedades químicas del sustrato (Cuadro 1) fueron determinadas de acuerdo con los métodos analíticos descritos por Raij *et al.* (2001). Fue utilizado material *in vitro*, de la categoría pre-básica de la variedad 'Atlantic', que se caracteriza por altos rendimientos, buena apariencia, gran adaptabilidad y destinada a uso industrial (ELMA CHIPS, 2000).

**Características de la solución nutritiva:** fue usada la solución nutritiva IAC (Cuadro 2), la cual presenta composición química mostrada en el Cuadro 3, modificándola en el suministro de N, K y Ca, sustituyéndose el nitrato de calcio y nitrato de potasio por el nitrato de amonio enriquecido con <sup>15</sup>N. Se realizó el balance del K y Ca usando KCl y CaCl<sub>2</sub>. Fueron transplantadas

inicialmente 4 plántulas por pote y manteniéndose dos después de dos semanas. Durante la primera semana se utilizó una solución nutritiva diluida en 1/5 de la concentración completa (Cuadro 3). En este período, las irrigaciones fueron efectuadas diariamente, completando el pote con la solución nutritiva existente en el recipiente colector.

**Grupo de experimentos:** el experimento fue dividido en dos grupos de potes definidos como "Absorción de N aplicado en diferentes estadios" y "Aprovechamiento por las plantas de N aplicado en diferentes estadios", cada un formado por 30 potes. Cada grupo fue subdividido en subgrupos de 15 potes referente a las 5 aplicaciones con 3 repeticiones, donde fue aplicado en 15 potes el <sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, es decir, marcado en el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y, en los 15 restantes el NH<sub>4</sub><sup>15</sup>NO<sub>3</sub>, marcado en el NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

**Grupo 1:** "Absorción de N aplicado en diferentes estadios": en este grupo se realizó la cosecha de las plantas una semana después de las aplicaciones de la solución con el N marcado. Durante esa semana, la aplicación de los tratamientos fue realizada mediante la irrigación de los potes con el recipiente colector que contenía la solución nutritiva con la fuente de N marcado correspondiente al período de aplicación. En este grupo 1, "Absorción de N aplicado en diferentes estadios", el nitrato de amonio presentaba la molécula de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> marcada con 1,359% de <sup>15</sup>N y en el NH<sub>4</sub> con 1,189% de enriquecimiento.

**CUADRO 1.** Características químicas del sustrato utilizado en los experimentos

pH*	MO	P	S	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg	dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						-----%-----
7,0	8,0	18	24	3,4	8,0	2,0	8,0	13,4	21,4	63,0
B	Cu	Fe	Mn	Zn						
-----mg dm <sup>-3</sup> -----										
-(1)	0,4	5,0	0,5	0,4						

(1) Valor menor que 0,1

\* Relación sustrato: CaCl<sub>2</sub> (1:2,5)

**CUADRO 2.** Fertilizantes usados para la preparación de la solución nutritiva del IAC, para 10<sup>3</sup> l

Fertilizante	Cantidad (g)
Sulfato de magnesio	240
Nitrato de calcio	1 180
Nitrato de potasio	505
Fosfato monobásico de potasio	212
Tenso cocktail® (1)	15

(1) Composición química: B 0,52%; Ca-EDTA 2,57%; Cu-EDTA 0,53%; Fe-EDTA 2,1%; Fe-DTPA 1,74%; Mn-EDTA 2,57%; Mo 0,13%; Zn-EDTA 0,53%.

**CUADRO 3.** Composición química de la solución nutritiva IAC.

Macronutrientes mmol l <sup>-1</sup>	Micronutrientes μmol l <sup>-1</sup>
N = 14,79	B = 7,21
P = 1,57	Cu = 12,51
K = 6,23	Fe = 10,31
Ca = 4,99	Mn = 7,01
Mg = 0,99	Mo = 0,20
S = 0,97	Zn = 1,22

**Grupo 2:** "Aprovechamiento por las plantas de N aplicado en diferentes estadios": en este segundo grupo de potes (con la misma cantidad del grupo anterior) las plantas fueron mantenidas a lo largo del ciclo de desarrollo, efectuándose la cosecha a los 77 días después del transplante (DDT). Después de transcurrida una semana de la aplicación de la solución marcada (tratamientos), los potes fueron irrigados con agua desionizada por 3 veces consecutivas para retirar cualquier cantidad de solución nutritiva con N marcado. Posteriormente, hasta el final del ciclo los potes continuaron con el suministro de nutrientes mediante solución nutritiva sin N marcado (solución nutritiva convencional descrita en los Cuadros 2 y 3). En este grupo 2 ("Aprovechamiento por las plantas de N aplicado en diferentes estadios"), el exceso de <sup>15</sup>N fue 5,37% y 5,44% para el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y el NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, respectivamente.

La discusión del experimento es presentada para cada grupo, (denominados "Aprovechamiento por las plantas del N aplicado en diferentes estadios" y "Absorción de N aplicado en diferentes estadios"), con la finalidad de evidenciar que son diferentes y se complementan. En el primer grupo los datos se refieren al N (forma amoniacal o nítrica) aplicado a determinados estadios de desarrollo de la planta que permaneció hasta la cosecha. Ya en el segundo grupo, es determinada la forma de N que las plantas absorben en los diferentes estadios en el período de una semana.

**Riego:** después del período inicial (riego con solución nutritiva diluida a 1/5), las irrigaciones fueron realizadas 2 veces por semana, completándose el recipiente colector de la solución nutritiva con agua desionizada, y esta solución aplicada en el pote hasta el sustrato quedar inmerso por un período de 10 min, en seguida se procedía al drenaje del vaso. Durante la realización del experimento, la solución nutritiva fue renovada cada 21 días.

**Cosecha:** en la época de la cosecha, en ambos grupos, las plantas fueron separadas en parte aérea (PA), raíces y tubérculos. El material fue identificado, acondicionado en bolsas de papel, secado en estufa a 60 °C por 72 horas, pesado en balanza de precisión para determinación de la materia seca (MS) y luego molidas en molino tipo Willey.

**Determinaciones de la eficiencia del nitrógeno:** el efectuó la determinación de N total por el método de micro Kjeldahl (Malavolta *et al.*, 1997) y el enriquecimiento isotópico de átomos de <sup>15</sup>N fue determinado en espectrómetro de masa (IRMS), en el Laboratorio de Isótopos Estables del CENA/USP, conforme metodología descrita en Barrie y Prosser (1996). La determinación de la eficiencia de utilización del N del nitrato de amonio de las plantas de papa marcadas con <sup>15</sup>N, fue basada en el principio de la dilución isotópica, considerándose el enriquecimiento en % de átomos de <sup>15</sup>N, la cantidad de <sup>15</sup>N en la planta y descontándose la variación natural del isótopo estable <sup>15</sup>N. A partir de las determinaciones, los cálculos fueron realizados a partir de las siguientes fórmulas, considerándose dos plantas por pote:

$$\%NPPF = [(\text{átm. } ^{15}\text{N en exc plant.} - \% \text{ Abund. Nat.}) / \text{átm. } ^{15}\text{N en exc.fert}] \times 100$$

$$Q_{NPPF} = (\% N_{PPF} / 100) \times Q_{ntp}$$

$$R(\%) = (Q_{NPPF} / Q_c) \times 100$$

donde:

$\%N_{PPF}$  = porcentaje de N en la planta proveniente del fertilizante

átm.  $\%^{15}N$  en exc plant = átomo  $\%$  de  $^{15}N$  en exceso en la planta

$\%$  Abund. Nat. = átomo  $\%$  de  $^{15}N$  de abundancia natural (0,366%)

átm.  $\%^{15}N$  en exc fert = átomo  $\%$  de  $^{15}N$  en exceso en el fertilizante

$Q_{NPPF}$  = cantidad de N en la planta proveniente del fertilizante

$Q_{ntp}$  = cantidad de N total en la planta

$R(\%)$  = porcentaje de N recuperado o aprovechado por la planta, en la forma nítrica o amoniacal, proveniente del fertilizante.

$Q_{NA}$  = cantidad de N aplicado en la solución nutritiva

**Diseño experimental:** el diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar, con 3 repeticiones y 5 tratamientos, referentes a las épocas de aplicación del  $NH_4NO_3$  marcado: 14, 28, 42, 56 y 70 DDT. En ambos grupos de experimentos la unidad experimental estuvo formada por un pote. Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos, utilizándose el programa estadístico SAS - System for Windows 6.11 (SAS Inst., 1996). Se efectuó el análisis de la varianza y, de acuerdo con el nivel de significancia de la prueba F, se procedió a las comparaciones de medías por Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Aprovechamiento por las plantas del N aplicado en diferentes estadios

Los datos de producción de materia seca (MS) en la planta entera y partes evaluadas son presentados en el Cuadro 4, y como se esperaba no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en las aplicaciones de  $NH_4^{15}NO_3$  o  $^{15}NH_4NO_3$  ya que la fertilización nitrogenada en cuanto a la fuente y dosis aplicadas fueron iguales en todos los potes.

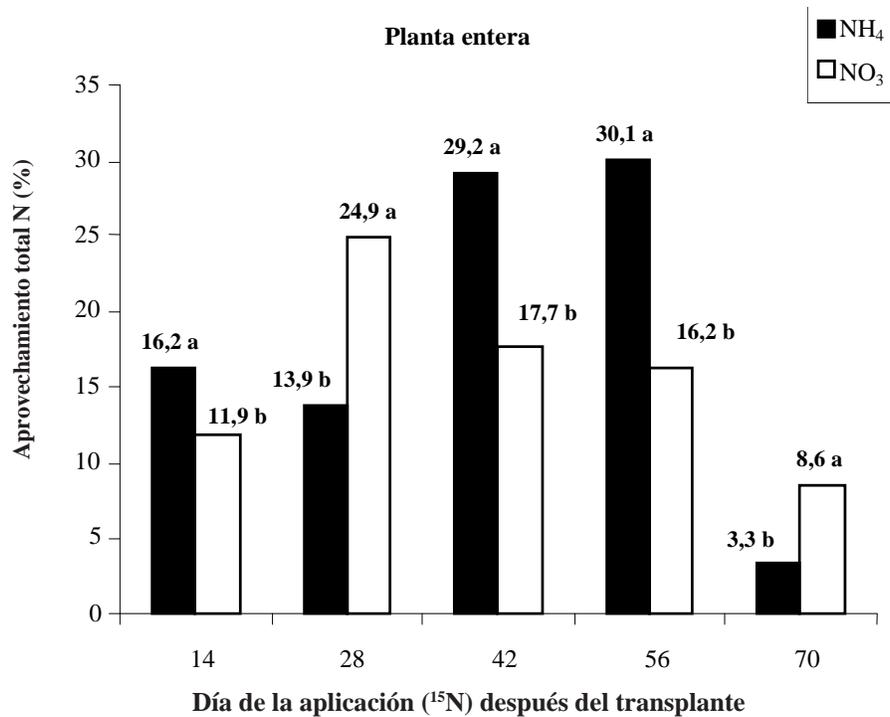
El aprovechamiento total del N (%) en la planta de papa en función de la época de aplicación y de la forma de N usada es mostrado en la Figura 1. Efectos significativos ( $P \leq 0,05$ ) fueron observados entre los tratamientos evaluados. Fue detectado que en la fase inicial del ciclo de crecimiento de la planta y en la fase de máximo desarrollo vegetativo ocurrió mayor aprovechamiento del N-amoniacal, alcanzando al inicio valor superior a 16% y posteriormente 30,1% a los 56 DDT, concordando con lo relatado por Warmcke y Barber (1973), quienes relataron en la fase inicial de crecimiento del maíz, mayor absorción del N-amoniacal.

Por su parte, Anderson *et al.* (1991) verificaron que el maíz presentó mayor producción de MS cuando fue suministrado N exclusivamente en la forma amoniacal.

**CUADRO 4.** Materia seca producida de la planta entera, parte aérea, raíces y tubérculos de las plantas de papa cultivada en solución nutritiva en función de la época de aplicación del  $NH_4^{15}NO_3$  ó  $^{15}NH_4NO_3$ .

Días	Materia seca							
	Planta entera		Parte aérea		Raíces		Tubérculos	
	$^{15}NH_4NO_3$	$NH_4^{15}NO_3$	$^{15}NH_4NO_3$	$NH_4^{15}NO_3$	$^{15}NH_4NO_3$	$NH_4^{15}NO_3$	$^{15}NH_4NO_3$	$NH_4^{15}NO_3$
	<b>g planta<sup>-1</sup></b>							
14*	12,85	13,22	5,98	5,90	0,37	0,29	6,50	7,03
28	13,73	13,14	5,45	5,36	0,33	0,33	7,95	7,45
42	12,34	14,09	5,74	6,07	0,31	0,26	6,29	7,76
56	13,75	12,90	5,71	5,64	0,37	0,30	7,66	6,96
70	12,78	13,28	5,06	5,81	0,34	0,33	7,38	7,14

**Nota:** \* Día de la aplicación del  $NH_4^{15}NO_3$  ó  $^{15}NH_4NO_3$



**FIGURA 1.** Aprovechamiento del N (%) en función de los períodos de aplicación del  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  ó  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ , en la planta entera de papa cosechada al final del ciclo. Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%).

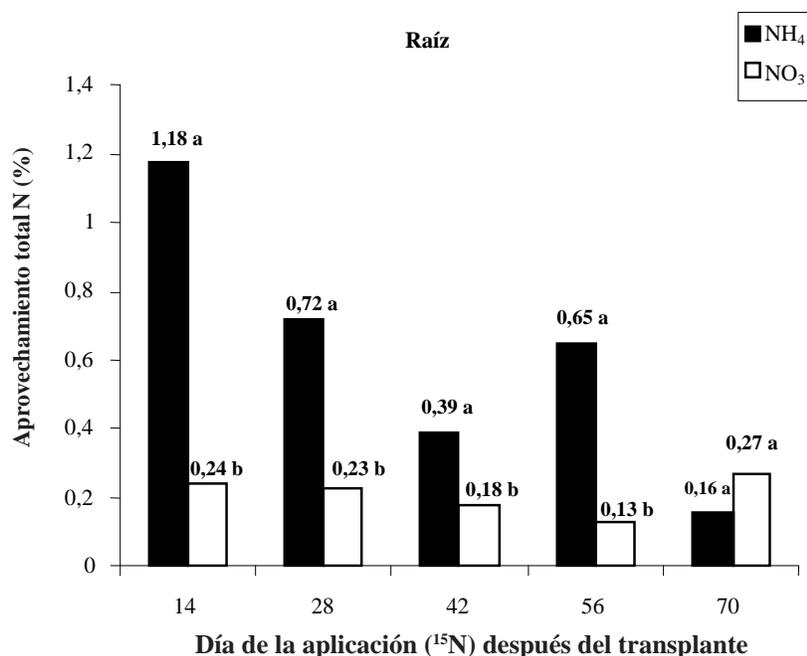
Heinrichs *et al.* (2006), al estudiar la forma preferencial de absorción de N, no verificaron diferencias significativas en la absorción de la forma nítrica y amoniacal por plantas de frijol, en arroz observaron mayor aprovechamiento del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> independientemente de las 2 épocas en que fue dado el N (en la siembra y 20 días después) y en el maíz ese efecto ocurrió solamente cuando el <sup>15</sup>N fue aplicado en la siembra.

La forma nítrica presentó mejor aprovechamiento a los 28 DDT y al final del ciclo. En la aplicación del N marcado a los 70 DDT la forma nítrica alcanzó más del doble de la amoniacal, siendo los valores encontrados de 8,6% para N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 3,3% para N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

El aprovechamiento máximo (24,9%) del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fue registrado a los 28 DDT. No se observó tendencia de mayor absorción del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durante el ciclo de desarrollo de las plantas. Sin embargo, existen evidencias de que las plantas absorben más rápidamente el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que el del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> al inicio del crecimiento, y situación opuesta ocurre a medida que las plantas crecen (Brown *et al.*, 1983 a y b).

En relación al aprovechamiento del N en la parte aérea (Figura 2), se observa que ocurrieron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la absorción del N (nítrico y amoniacal) a los 28, 42, 56 y 70 DDT. De manera general, la forma preferencial de absorción de las formas de N durante el ciclo de desarrollo de las plantas fue semejante a lo observado en la planta entera.

Cuando se aplicó el NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> marcado a los 28 d, el aprovechamiento del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fue de 9,5% y el del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de 5,4%. En la fase de máximo desarrollo vegetativo, a los 42 y 56 d de la aplicación, el aprovechamiento de la forma amoniacal fue superior a la nítrica variando de 14,2% a 17,8%, mientras que la forma nítrica de 8,8% a 13,1%. Estos valores son similares a los estudiados por Maidl *et al.* (2002), que en experimentos realizados en suelo, con papa de la variedad 'Agria' y usando nitrato de amonio marcado isotópicamente en las 2 moléculas, obtuvieron en 2 estadios de crecimiento de la planta recuperación de N en la parte aérea del orden de 8,3% a 14,2% y de 22,2% a 47%, en cada estadio. Al final del ciclo de crecimiento los mismos autores señalan un total entre 6,1 y 8,4%, valores coincidentes fueron obtenidos en el estudio.



**FIGURA 2.** Aprovechamiento del N (%) en función de los períodos de aplicación del  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  ó  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ , en la parte aérea de la planta de papa cosechada al final del ciclo. Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%).

Ocurrieron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en el aprovechamiento del N por las raíces proveniente de las aplicaciones de este nutriente en las formas nítrica y amoniacal de la primera hasta la cuarta aplicación del  $^{15}\text{N}$  (Figura 3).

El aprovechamiento del  $\text{N-NH}_4^+$  en la raíz superó al del  $\text{N-NO}_3^-$ , aunque fue observado disminución constante del porcentaje de aprovechamiento de la forma amoniacal hasta la aplicación realizada a los 42 d. Al final del ciclo no se observaron diferencias entre las formas.

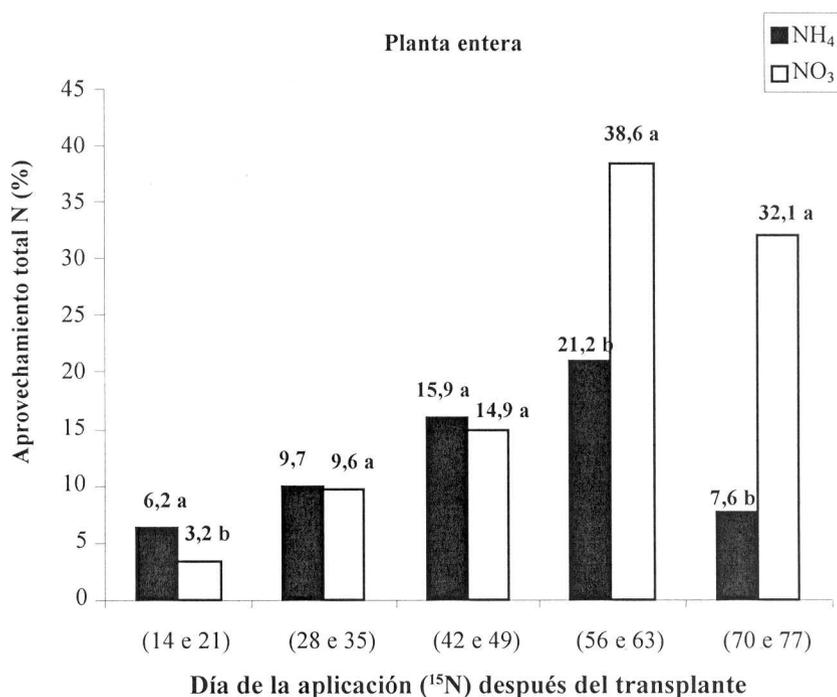
El aprovechamiento del N (%) en los tubérculos de las plantas de papa en función de la época de aplicación y de la forma usada es presentado en la Figura 4. Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los tratamientos evaluados. En la fase inicial del ciclo de crecimiento de la planta ocurrió mayor aprovechamiento del N-amoniacal, presentando al inicio valor superior a 7%. En este órgano se mantuvo el incremento del aprovechamiento de la forma amoniacal hasta la aplicación realizada a los 56 d, cuando alcanzó 15,2%.

El aprovechamiento total en el tubérculo, sumando los de las dos formas de N ( $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ ), varió de 4,7% a 23,0% (Figura 4). En campo Maidl *et al.* (2002) obtuvieron recuperación superior, variando de alrededor de 30% a 60%.

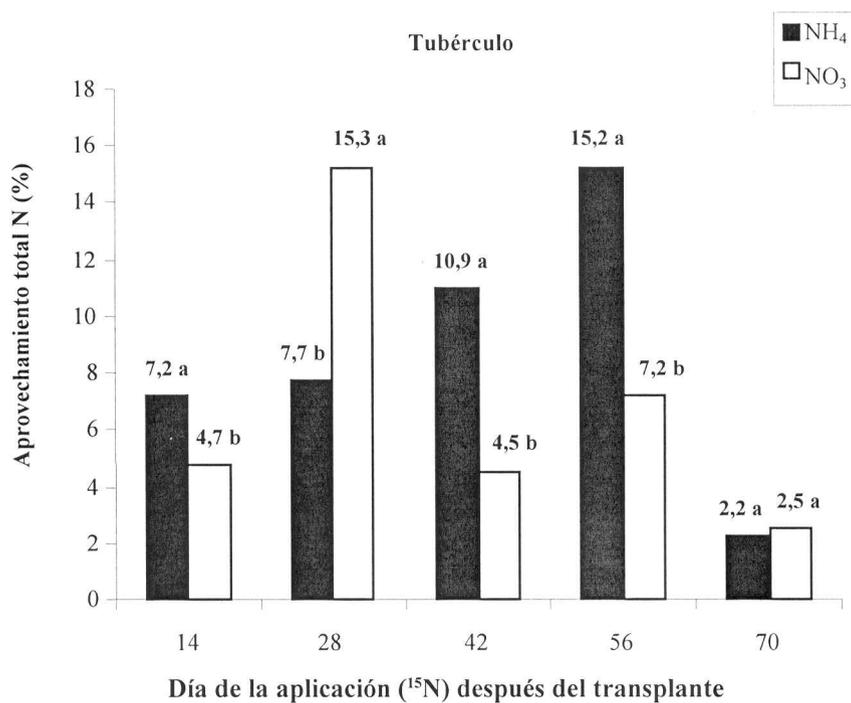
#### Absorción de N aplicado en diferentes estadios

Los datos de producción de MS en la planta entera, parte aérea, raíces y tubérculos de las plantas de papa son presentados en el Cuadro 5, y como se esperaba no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en las aplicaciones de  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  o  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ , pues la fertilización nitrogenada en la forma y dosis aplicada fueron iguales en todos los potes.

Se observa en las Figuras 5 y 6 los valores de absorción del N (%), respectivamente, en la planta entera y en la PA. Para las aplicaciones realizadas a los 28 y 42 DDT no se verificaron diferencias significativas en la absorción del  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{N-NO}_3^-$  por las plantas, por lo tanto en este período de crecimiento no hay preferencia en la forma de absorción del N, al contrario de lo que se observó con el aprovechamiento de N, ya discutido anteriormente.



**FIGURA 3.** Aprovechamiento del N (%) en función de los períodos de aplicación del  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  ó  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ , en la raíz de la planta de papa cosechada al final del ciclo. Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%).



**FIGURA 4.** Aprovechamiento del N (%) en función de los períodos de aplicación del  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  ó  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ , en el tubérculo de la planta de papa cosechada al final del ciclo. Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%).

**CUADRO 5.** Materia seca producida de la planta entera, parte aérea, raíces y tubérculos de las plantas de papa cultivada en solución nutritiva en función de la época de aplicación del  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  ó  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  y época de cosecha.

Días	Materia seca							
	Planta entera		Parte aérea		Raíces		Tubérculos	
	$^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	$^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	$^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	$^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{H}_4^{15}\text{NO}_3$
	g planta <sup>-1</sup>							
14* y 21**	0,39	0,43	0,22	0,27	0,17	0,16	0	0
28 y 35	1,41	1,56	1,13	1,30	0,28	0,26	0	0
42 y 49	3,69	3,89	2,91	3,06	0,35	0,38	0,43	0,45
56 y 63	11,31	11,84	5,93	6,17	0,49	0,53	4,89	5,15
70 y 77	17,26	17,86	7,88	8,18	0,60	0,65	8,78	9,03

**Nota:** \*Día de la aplicación del  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  ó  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$

\*\* Día de la cosecha de las plantas

Por otro lado, se nota también en estas figuras, diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en las aplicaciones de  $^{15}\text{N}$  realizadas a los 14, 56 y 70 DDT de las plántulas de papa (Figuras 5 y 6). Además, se observó en estas figuras que la absorción del N- $\text{NH}_4^+$  en la planta entera (Figura 5) y PA (Figura 6) fue 6,2% y 5,1%, respectivamente, mientras que la de N-  $\text{NO}_3^-$  fue 3,2% y 3,1% en la fase inicial del ciclo de crecimiento de la planta.

Se notó que con el avance del ciclo de desarrollo de las plantas la forma nítrica pasó a ser significativamente más absorbida, manteniéndose esta tendencia hasta la aplicación de  $^{15}\text{N}$  a los 70 d. Este patrón ya señalado en la discusión de la cosecha al final del ciclo sugiere que en plantas en inicio de crecimiento pueden existir sistemas funcionales incompletos para mayor absorción de N- $\text{NO}_3^-$  o cambios en las posiciones de carbohidratos en las raíces durante el desarrollo que pueden modificar la forma preferencial de N, como lo señalado por Ku *et al.* (1983) y Monson *et al.* (1986). En la aplicación de  $^{15}\text{N}$  realizada a los 70 DAT el aprovechamiento del N- $\text{NO}_3^-$  fue 32,1% contra apenas 7,6% del N- $\text{NH}_4^+$  (Figura 5).

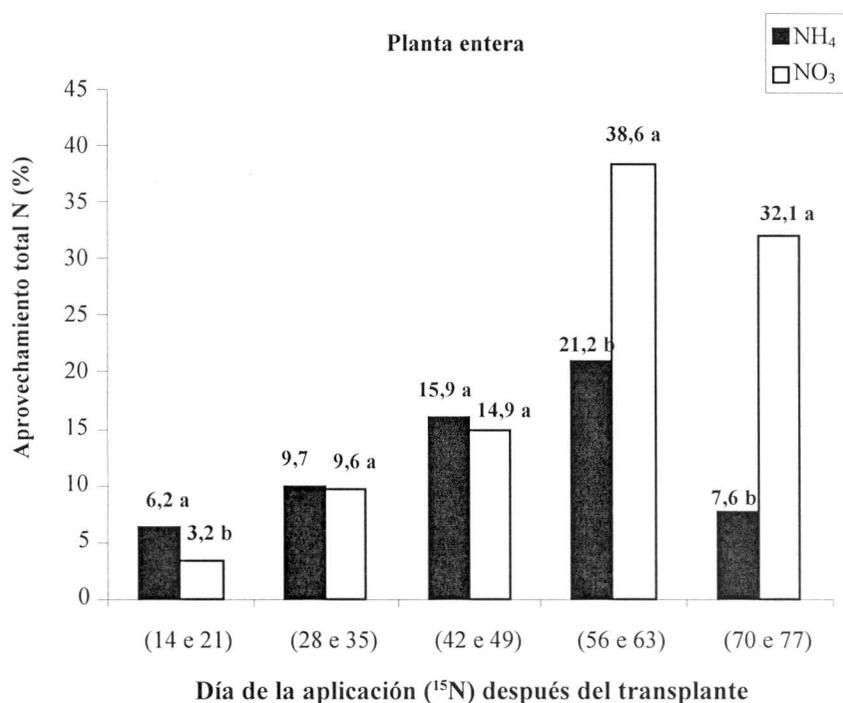
El conocimiento de la proporción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  en el sistema de cultivo tiene gran importancia en lo que se refiere a la absorción de N por las plantas (Mills *et al.*, 1976). El N es absorbido principalmente por las raíces en las formas de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . Normalmente el  $\text{NO}_3^-$  es la forma más absorbida, sin embargo, esto depende de la especie de la planta y algunos factores ambientales deben ser tomados en cuenta. Entre estos factores se

pueden mencionar el pH, la temperatura y el contenido de carbohidratos en las raíces (Marschner, 1995 y Mengel y Kirkby, 2001).

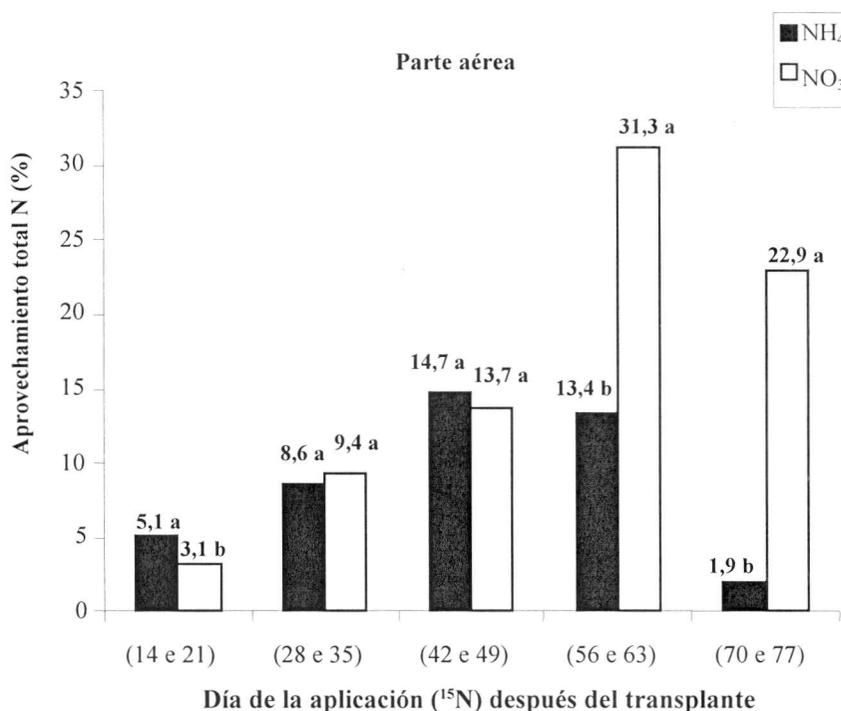
La mayor absorción del N- $\text{NH}_4^+$  al inicio de desarrollo (cosecha a los 21 d) de las plantas ocurrió probablemente por el menor gasto de energía necesario en reducir  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$ , debido a la menor tasa fotosintética en esa fase inicial de desarrollo. El  $\text{NO}_3^-$  absorbido por las plantas es reducido a la forma amoniacal y el N es combinado en las cadenas orgánicas del vegetal, formando ácido glutámico y a partir de ahí otros aminoácidos. Estudios han indicado que esa asimilación es limitada en el proceso de reducción del  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$ , proceso en que la reducción del  $\text{NO}_3^-$  por acción de la enzima  $\text{NO}_3^-$  reductasa es la enzima-clave (Rufty *et al.*, 1986, Taiz y Zeiger, 2004).

La absorción de  $\text{NH}_4^+$  es favorecida por el pH elevado, mientras que la de  $\text{NO}_3^-$  es favorecida por el pH bajo. Este efecto ocurre debido a la competencia de  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  que son liberados para el medio externo de la célula por intermedio de un mecanismo que está asociado a la actividad de las ATPasas de las membranas en el proceso de absorción activa de cationes y aniones (Marschner, 1995).

Al final del ciclo (cosecha a los 63 y 77 d), período de llenado de los tubérculos, la absorción del N- $\text{NO}_3^-$  en la planta entera y en la PA fue significativamente superior al del N- $\text{NH}_4^+$  (Figuras 5 y 6).



**FIGURA 5.** Absorción del N (%) en función de los períodos de aplicación del NH<sub>4</sub><sup>15</sup>NO<sub>3</sub> ó <sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y época de cosecha (en planta entera). Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%)



**FIGURA 6.** Absorción del N (%) en función de los períodos de aplicación del NH<sub>4</sub><sup>15</sup>NO<sub>3</sub> ó <sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y época de cosecha (en parte aérea). Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%)

Ogata (1963a y b) verificó que el  $\text{N-NH}_4^+$  fue mejor para el desarrollo vegetativo, mientras que el  $\text{N-NO}_3^-$  para el estadio reproductivo, momento este en que los carbohidratos están siendo formados, sugiriendo que el efecto de la fuente de N en el crecimiento de la planta varía dependiendo de la fase fisiológica y componente químico necesario en cada fase.

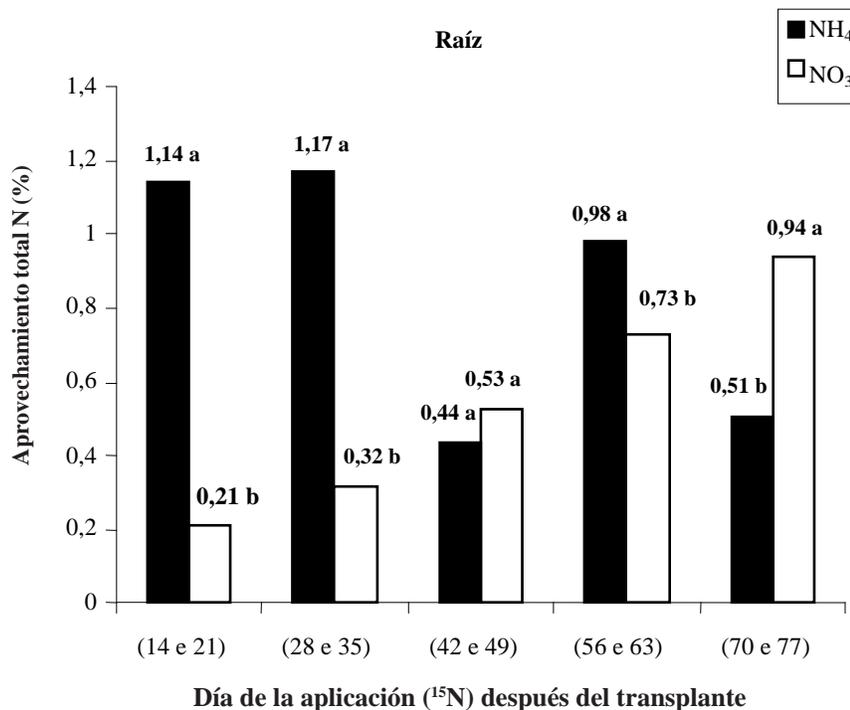
La absorción del  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  por las raíces son presentados en la Figura 7 y se observó diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). La forma amoniacal fue significativamente superior en las 2 épocas iniciales de aplicación, con 1,14% y 1,17% de aprovechamiento del  $\text{N-NH}_4^+$ . Al final del ciclo, el aprovechamiento del  $\text{N-NO}_3^-$  en las raíces superó el del  $\text{N-NH}_4^+$ , acompañando la tendencia verificada para la planta entera y PA.

En sus trabajos, Osaki *et al.* (1995a) observaron que durante la fase de crecimiento vegetativo del cultivo de la papa, cultivada en solución nutritiva conteniendo  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  o  $(^{15}\text{NH}_4)\text{SO}_4$ , la cantidad de N absorbida en las formas de  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$  fue similar en la PA, mientras que en las raíces hubo mayor aprovechamiento de  $\text{NO}_3^-$ .

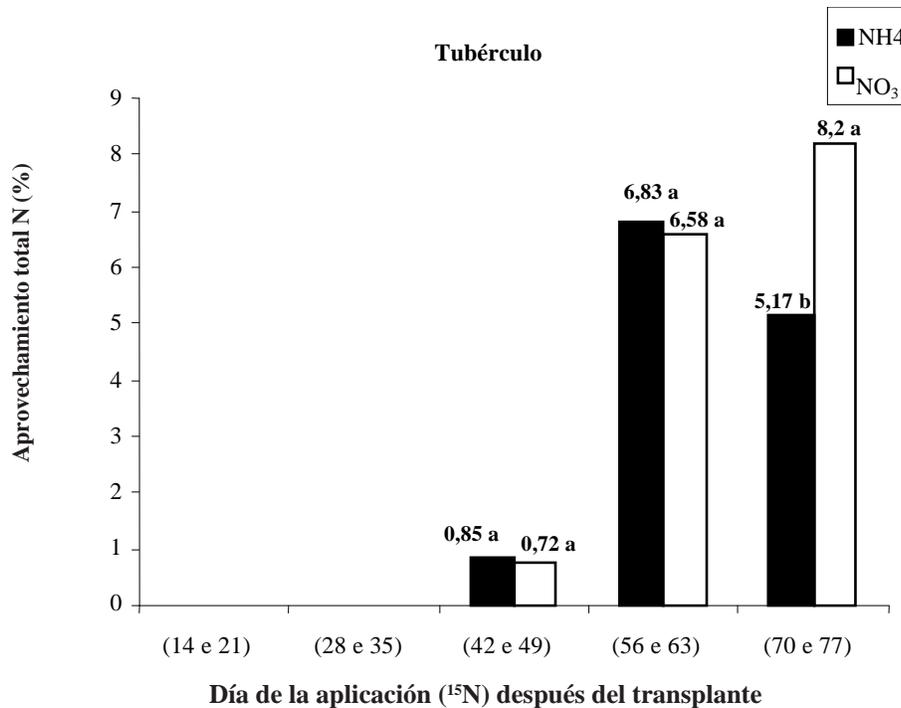
La absorción del N (%) en los tubérculos de las plantas de papa en función de la época de aplicación y de la forma de N usada es mostrada en la Figura 8. Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) al final del ciclo, cuando el  $\text{N-NO}_3^-$  (8,2%) en el tubérculo superó el del  $\text{N-NH}_4^+$  (5,17%).

Por su parte, Kato *et al.* (1983) al aplicar  $\text{N-NO}_3^-$  junto con  $\text{N-NH}_4^+$ , verificaron que la distribución de ambas formas de N para los granos de soya fue diferente, el  $\text{N-NO}_3^-$  contribuyó más para la productividad de los granos. Por otro lado, Pan *et al.* (1986) señalaron que la distribución de N para los granos de maíz no varió con la forma de N usada. La distribución de esas dos formas de N para cada órgano o parte de la planta depende de la especie y de la fase de desarrollo (Osaki *et al.*, 1995a).

Así, a pesar de que no se haya observado diferencias en la producción de MS, se notó que al final del ciclo de la papa hay mayor absorción de la forma nítrica, sugiriendo que probablemente la aplicación de una fuente nitrogenada sin nitrato, como el sulfato de amonio, en esa fase podría disminuir la producción.



**FIGURA 7.** Absorción del N (%) en función de los períodos de aplicación del  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  ó  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  y época de cosecha (en raíz). Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%).



**FIGURA 8.** Absorción del N (%) en función de los períodos de aplicación del  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  ó  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  y de la época de cosecha (en tubérculos). Valores seguidos por letras distintas en el mismo período, difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey (5%)

## CONCLUSIONES

- La forma preferencial de absorción del N en el estadio inicial de desarrollo fue la amoniacal, no existiendo diferencias de las formas en los estadios intermedios (28 y 49 DDT), tornándose a nítrica después de 56 d (formación de tubérculos).
- El aprovechamiento de N por las plantas, sin embargo, fue siempre mayor con la forma amoniacal aplicada en todos los estadios, con excepción a los 28 d y al final del ciclo.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al investigador Dr. Newton do Prado Granja del Instituto Agronómico de Campinas (IAC), Brasil, por el suministro del material *in vitro* para la instalación del experimento y a la empresa CINEXPAN por la arcilla expandida usada como sustrato.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. S., R. H. Teyker and A. L. Rayburn. 1991. Nitrogen form effect on corn root morphological and anatomical development. *Journal of Plant Nutrition*. 14:1 255-1 266.
- Barrie, A. and J. S. Prosser. 1996. Automated analysis of light element stable isotope by isotope ratio mass spectrometry. In: Boutton WT, Yamasaki S (Ed.). *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker. p. 1-47.
- Black, C. A. 1986. *Soil plant relationship*. 2nd ed. New York: John Wiley. 405 p.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Black CA (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison ASA, pt. 2, p. 1 149-1 176.
- Brown, R. H., L. L. Rigsby and D. E. Akin. 1983a. Enclosure of mitochondria by chloroplasts. *Plant Physiology*. 71:437-439.

- Brown, R. H., J. H. Bouton, L. L. Rigsby and M. Rigler. 1983b. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways. VII. Ultra structural characteristic of panicum species in the laxa group. *Plant Physiology*. 71:425-431.
- CINEXPAN. 2006. Produtos. Disponível en: <http://www.cinexpan.com.br/index.html> Acceso en: 18 sept.
- Crocomo, D. J., A. M. L. Neptune y H. Reyes-Zumeta. 1965. Absorción de iones por las plantas. Maracaibo: LUZ; Facultad de Agronomía. 187 p.
- Elma Chips. 2000. Manual de recomendações técnicas para produção da cultivar 'Atlantic'. 5.ed. Itu. 15 p.
- Furlani, P. R., D. Bolonhesi, L. C. P. Silveira e Fanquin V. 1999. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomico. (Boletim Técnico, 180). 52 p.
- Gassert, J. K. R. T. 1959. Soil nitrogen. IV Transformations and movement of fertilizer nitrogen in a light soil. *Journal of Science Food and Agriculture*. 10:192-197.
- Gassert, J. K. R. T. 1961. Transformation, leaching and uptake of fertilizer nitrogen applied in autumn and spring to winter wheat on a heavy soil. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 12:375-380.
- GHOSH, B. P. and R. H. BURRIS. 1949. Utilization of nitrogen compounds by plants. *Soil Science*. 70:187-203.
- Harmsen, G. H. and G. J. Kolenbrander. 1965. Soil inorganic nitrogen. In: Bartholomew WV, Clarck FE (Ed.). *Soil nitrogen*. Madison: SSSA, p. 43-71.
- Heinrichs, R., G. J. Gava, E. J. Corazza, R. R. C. Duete, F. C. A. Villanueva e T. Muraoka. 2006. Forma preferencial de absorção de nitrogênio ( $^{15}\text{NH}_4^+$  ou  $^{15}\text{NO}_3^-$ ) pelas culturas de soja, feijão, arroz e milho. *Científica*. 34:25-30.
- Kato, T., M. Yamagata and S. Tsukahara. 1983. Uptake and partitioning of  $^{15}\text{N}$ -ammonium and  $^{15}\text{N}$ -nitrate applied at the various stages in soybean. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 54:25-29.
- Ku S., B. M., R. K. Monson, R. O. Littlejohn, H. Nakamoto, D. B. Fisher, G. E. Edwards. 1983. Photosynthetic characteristic of  $\text{C}_3$ - $\text{C}_4$  intermediate Flaveria species. I. Leaf anatomy, photosynthetic response to  $\text{O}_2$  and  $\text{CO}_2$  and activities of key enzymes in the  $\text{C}_3$  and  $\text{C}_4$  pathways. *Plant Physiology*. 71:944-948.
- Maidl, F. X., E. Brunner and E. Sticksel. 2002. Potato uptake and recovery of nitrogen  $^{15}\text{N}$ -enriched ammonium nitrate. *Geoderma*. 105:167-177.
- Malavolta, E. 1967. Manual de química agrícola. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 393 p.
- Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres. 215 p.
- Malavolta, E., G. C. Vitti e S. A. Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos. 319 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 889 p.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 849 p.
- Mills, H. A., A. V. Barker, D. N. Maynard. 1976. Effects of nitrapyrin on nitrate accumulation in spinach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.101, n.3, p. 202-204,
- Monson, R. K., B. D. Moore, M. S. B. Ku and G. E. Edwards. 1986. Co-function of  $\text{C}_3$  and  $\text{C}_4$  photosynthetic pathways in  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  and  $\text{C}_3$ - $\text{C}_4$  intermediate Flaveria species. *Planta*. 168:493-502.
- Nommik, H. 1965. Ammonium fixation and other reactions involving a nonenzymatic immobilization of mineral nitrogen in Soil. In: Bartholomew WV, Clarck FE (Ed.). *Soil nitrogen*. Madison: SSSA. p. 200-251.
- Ogata, S. 1963a. The nutri-physiological significances of  $\text{NH}_4^-$  and  $\text{NO}_3^-$  N for the plant growth (Part 1). Effect of  $\text{NH}_4^-$  and  $\text{NO}_3^-$  N concentration on the growth of oat plants. *Journal of Science Soil Manure*. 34:313-317.

- Ogata, S. 1963b. The nutri-physiological significances of  $\text{NH}_4^-$  and  $\text{NO}_3^-$ -N for the plant growth (Part 2). Effect of  $\text{NH}_4^-$  and  $\text{NO}_3^-$ -N on the composition of organic constituents and the enzymatic activity of various parts of oat plants. *Journal of Science Soil Manure*. 34:318-322.
- Osaki, M., J. Shirai, T. Shinato and T. Tadano. 1995a.  $^{15}\text{N}$ -allocation of  $^{15}\text{NH}_4^-$ -N and  $^{15}\text{NO}_3^-$ -N to nitrogenous compounds at the vegetative growth stage of potato plants. *Soil Science and Plant Nutrition*. 41:699-708.
- Osaki, M., J. Shirai, T. Shinato and T. Tadano. 1995b. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. *Soil Science and Plant Nutrition*. 41:709-719.
- Pan, W. L., J. L. Camberato, W. A. Jackson and R. H. Moll. 1986. Utilization of previously accumulated and concurrently absorbed nitrogen during growth in maize. Influence of prolificacy and nitrogen source. *Plant Physiology*. 82: 247-253.
- Raij, B. Van, J. C. Andrade, H. Cantarella e J. A. Quaggio. 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico. 285 p.
- Rodrigues, L. R. F. 2002. Cultivo pela técnica de hidroponia: técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido, Jaboticabal: FUNEP. 726 p.
- Rufty, T. W. Jr., J. F. Thomas, J. L. Remmleer, W. H. Campbell and R. J. Volk. 1986. Intracellular localization of nitrate reductase in roots. *Plant Physiology*. 82:675-680.
- SAS Institute. 1996. SAS/STAT: User's guide, version 6.11. 4th ed. Cary. v. 2, 842 p.
- Scarsbook, C. E. 1965. Nitrogen availability. **In:** Bartholomew WV, Clarck FE (Ed.). *Soil nitrogen*. Madison: SSSA. p. 486-501.
- Tadano, T. and T. Tanaka. 1976. Composition of adaptability to ammonium and nitrate among crop plants (Part I). Selective absorption between and responses to ammonium and nitrate of crop plants during early growth stage. Studies on the comparative plant nutrition. *Journal of Science Soil Manure*, Tokyo, v. 47, p. 321-328.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2004. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p.
- Virtanen, A. J. H. and H. Linkola. 1946. Organic nitrogen compounds as nitrogen nutrition for higher plants. *Nature*. 1:158-515.
- Warmcke, D. D. and S. A. Barber. 1973. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays* L.) as influenced by nitrogen concentration and  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio. *Agronomy Journal*. 65:950-953.

## COLECTA Y RESCATE DEL CONOCIMIENTO LOCAL DE ALGODONES NATIVOS EN LAS COSTAS DE LOS ESTADOS FALCÓN Y ARAGUA, VENEZUELA

### COLLECTION AND RESCUES OF THE LOCAL KNOWLEDGE OF NATIVE COTTONS IN THE COASTS OF THE STATES FALCON AND ARAGUA, VENEZUELA

Margaret Gutiérrez M.\*, Baltazar Trujillo\*\*, Delis Pérez\*, Alexis Márques\* y William Pacheco\*

\* Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, estado Aragua, Venezuela. E-mail: margaretg@cantv.net.

\*\* Profesor. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía.

#### RESUMEN

Con el objetivo de rescatar la variabilidad genética del género *Gossypium* en Venezuela, se realizaron dos expediciones de colecta en los estados Falcón (formaciones climáticas y sucesionales de espinares) y Aragua (zona costera). Fueron colectados 23 ejemplares nativos de crecimiento subespontáneo; para la clasificación botánica se utilizaron los descriptores color de planta y hoja, número de lóbulos, forma de las hojas, color de los pétalos, presencia de "Petal Spot" (mancha púrpura en la base de los pétalos), sobresalencia del estigma, sensibilidad al fotoperíodo y color de linter y fibra. La información recopilada permitió conocer que los algodones "Pajarito" se presentan en estado silvestres desde tiempos remotos, por tres generaciones o más y que siempre han sido utilizados para hilar y elaborar tejidos de manera artesanal. Los habitantes afirman que nunca han sido cultivados por el hombre sino que se presentan en forma espontánea por lo que se asume que o bien son nativos de la zona o que la semilla ha entrado vía marítima al norte de Venezuela. Los algodones colectados tienen características tales como "Petal spot" presente, desde muy marcados hasta ligeramente manchado, estigma desde marcadamente sobresaliente hasta sobresaliente y frutos pequeños de tres a cuatro lóculos. El porte de los materiales es arbustivo con copas redondeadas y cilíndricas. Los algodones de Falcón se clasificaron como *Gossypium barbadense* y *G. hirsutum* raza Marie Galante y uno de los colectados en Aragua fue clasificado como *G. purpurascens*.

**Palabras Clave:** *Gossypium hirsutum*; *Gossypium barbadense*; colecta de germoplasma; variabilidad genética; algodón pajarito.

#### SUMMARY

With the objective of rescuing the genetic variability of the genus *Gossypium* in Venezuela, two collection expeditions were carried out on the States Falcon and Aragua, coastal area of Venezuela. Twenty three (23) native cottons of subspontaneous growth were collected. For the botanical classification the descriptors leaf color, number of lobes, leaf form, petal color, presence of petal spot (purple spot in the base of the petals), length of the stigma, sensibility to the photoperiod, fiber and linter color were used. The gathered information allowed to conclude that the 'Pajarito' cottons has been present in a wild state from remote times, for three or more generations, and that they have always been used for spinning and handmade-fabric elaboration. The inhabitants affirmed that these plants have never been cultivated but rather grow spontaneously. It is assumed that either they are native of this area or the seed entered through the sea by the north of Venezuela. The collected cottons have characteristics such as petal spot (ranging from very marked until light spotted petals), stigma (from markedly prominent to prominent) and small fruits with three to four locules. Materials were bushy with rounded and cylindrical architecture. Materials collected in Falcon State were classified as *Gossypium barbadense* and *G. hirsutum* race Marie Galant and one of the materials collected in Aragua State was classified as *G. purpurascens*.

**Key Words:** *Gossypium hirsutum*; *Gossypium barbadense*; germplasm collection; genetic variability; cotton small bird.

RECIBIDO: marzo 13, 2006

ACEPTADO: noviembre 12, 2008

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### Distribución del género *Gossypium*

El género tiene cuatro especies cultivadas: dos alotraploides del Nuevo Mundo (2n: 52), *G. barbadense* y *G. hirsutum* y dos diploides Asiáticos y Africanos (2n: 26), *G. arboreum* L. y *G. herbaceum* L. Ano *et al.* (1982) proponen una hipótesis según la cual la distribución de los tetraploides primitivos que se observa en la actualidad procede de una dispersión mediante corrientes marinas. Esto implica que el nor-este de Brasil ha podido ser el lugar de encuentro entre los genomas A y D que constituyen los algodones tetraploides, antes de su diseminación y de su diversificación. La distribución prehistórica de *G. hirsutum* abarca Mesoamérica, Antillas y la costa Caribe de América del Sur, con poblaciones perennes y anuales. Luego se desarrollaron, especialmente en América del Norte, cultivares superiores, que al extenderse por el Viejo Mundo, redujeron considerablemente el cultivo de las especies nativas de África y Asia.

Lennart *et al.* (1970), utilizando electroforesis de proteínas, encontraron que los patrones electroforéticos eran muy consistentes con la clasificación convencional en el caso de los grupos diploides; los grupos genómicos eran derivados de un progenitor tipo Africano y los subgrupos Americanos, más relacionados con el grupo Africano y a los grupos genómicos Arábigos, evolucionaron bajo un aislamiento mutuo comparable en el Terciario.

El origen de la domesticación de las poblaciones Mesoamericanas de *G. Hirsutum* no es muy claro, ya que se carece de la identificación del progenitor silvestre, además de la compleja estructura genética de la población y de los muchos siglos de dispersión mediada por el hombre (Brubaker y Wendel, 1994).

Los análisis filogenéticos y fenéticos recientes indican que la Península del Yucatán es el lugar de los estados más tempranos de domesticación. Los cultivares agrónomicamente avanzados que se desarrollaron en el sur de México y Guatemala parecen haberse derivado de formas peninsulares del Yucatán y que en consecuencia crearon un centro secundario de diversidad que tradicionalmente se ha interpretado como un centro de origen.

Las poblaciones espontáneas de *G. hirsutum* han sido clasificadas en razas: la raza María Galante, perenne y de porte alto, fue identificada por Hutchinson como nativa de América Central y del norte de Sur América y

del Caribe; esta fue denominada por la Isla María Galante, cerca de Guadalupe, en las Antillas Menores (Brown y Ware 1961). Gamarra (2002) explican que la distribución del *Gossypium hirsutum* raza. María Galante va desde las Antillas Mayores y Menores hasta Brasil septentrional donde es denominado algodón Mocó y Quebradinho de Brasil.

Fuera de América, la raza María Galante es conocida solamente en Ghana (África) donde fue introducida por el oeste de la India por misioneros (Berger 1969). Las otras razas son: *punctatum*, perenne, de porte mediano, del sur de México y Florida, *yucatanense*, *latifolium*, anual de México y Guatemala, *morrilli* y *palmeri* de México.

Por su parte, numerosos autores coinciden en que *Gossypium barbadense* es originario de América del Sur, encontrándose poblaciones silvestres en la costa del pacífico en Ecuador y Perú, una variedad endémica en las Galápagos, poblaciones también posiblemente silvestres en el litoral Caribe de América del Sur y las Antillas (Lewis y Richmond, 1978; León, 1987; Lazo *et al.*, 1994).

### Utilización del Algodón en Venezuela

En Venezuela, el cultivo es citado por diversos autores como "Planta explotada en forma silvestre por los aborígenes, luego fue cultivada por los españoles y las fibras eran obtenidas por técnicas más complejas". Según Gómez (1995), los bosques silvestres de algodón en Paría, Coro y regiones andinas proporcionaban a la población aborigen fibras para fabricar sus sencillos vestidos, redes y hamacas.

En la época colonial se cultivaba algodón en Cariaco, San Mateo, Barinas, Maracaibo y El Tocuyo, donde funcionaban telares operados por familias criollas para la confección de los llamados lienzos "Tocuyos". Estas telas, por su calidad, eran objeto de comercio con otras poblaciones. Para fines del siglo XVIII se instaló en Píritu el primer torno para hilar algodón y la primera máquina desmotadora. Fue un cultivo que incentivó el crecimiento de la población en Maracaibo y Cariaco mediante el empleo de gran número de personas para cosecha y desmote.

En sus trabajos, Antich (1963), explica que la parte norte de Venezuela, las islas del Caribe y el norte de Colombia son considerados el Centro de Origen de la raza "María Galante", conocida con el nombre vulgar de Algodón Pajarito. El autor afirma que se tiene seguridad plena de que nuestros aborígenes utilizaron la fibra de esos

algodones y de que las primeras plantaciones en el país fueron sembradas con esa raza.

En la publicación del BCV (1958) sobre las memorias de la Sociedad de Amigos de Venezuela se citan las recomendaciones que sobre estos algodones se hacen en la década de 1829 a 1839 y desde estos escritos se manifiesta que el algodón silvestre se encontraba en las plantaciones de este y de otros cultivos. En esta referencia se les denomina vulgarmente los algodones presentes en el mercado de las maneras siguientes: "Algodón silvestre", "Algodón de Copos Pequeños", "Algodón cornado verde", "Sorret verde y rojo", "Algodón barbiagudo", "Algodón de gancho barbudo", "Yarún o algodón añal", "Algodón de copos grandes", "Algodón de Guayana", "Algodón de Brasil", "Algodón Indiano", "Algodón de Siam", "Algodón de Santo Tomás", "Algodón de los Cayos", "Algodón coronado pardo de Siam", "Algodón de Cartagena", entre otros.

Por su parte, Schneee (1984) cita a "*Gossypium barbadense* L. como "Algodón de las Islas" al que describe como un arbusto o árbol de 1 a 2 m de altura, oriunda de América Tropical, cultivada por todas las regiones tropicales. Sin.: Algodón egipcio" También hace referencia al "Algodón Pajarito" como "*Gossypium purpurascens* Poir. Malvaceae. Arbusto o árbol de 3-6 m de altura, con sus ramas purpúreas, indica que la probable patria es América Tropical".

Diversas referencias históricas citan que para las últimas décadas del siglo XVIII, el cultivo del algodón comienza a desplazar al del añil, y según Codazzi (citado por Uzcátegui, 1945) se comienzan a ver pequeñas plantaciones de algodón en los alrededores del Valle de Caracas, en los Valles de Aragua y en el oriente del país. En esta zona es donde se incrementa mayormente el cultivo y, a principios del siglo XIX, los algodones de Cariaco, Maturín, Cumaná y Margarita comienzan a nombrarse en los mercados europeos, donde se les denominaban algodón "Ceylán"; aparentemente se trataba de una deformación de la palabra "Sea Island", variedad procedente de Trinidad.

En los comienzos del siglo XX se presentaron muchos problemas por la baja de los precios en el mercado internacional por lo que las áreas de siembra del rubro disminuyeron notablemente. En 1912 el gobierno y algunas empresas privadas se proponen despertar nuevamente el interés en el cultivo y traen semillas de nuevas variedades procedentes de los Estados Unidos de Norte América.

La siembra para aquel momento era de conucos y la introducción de distintas variedades se tradujo en una mezcla de semillas y de tipos de fibra, perjudicándose el mercadeo externo. Para el año 1939 comienzan las primeras siembras mecanizadas en el estado Aragua, donde funcionó por primera vez una granja aldonera en Boca del Río. En ese mismo lugar se instaló la primera desmotadora de sierra. Uzcátegui (1945) hace referencia a la campaña aldonera que comenzó en 1938 en Venezuela y cuyo primer objetivo es reemplazar rápidamente los "Tipos Criollos" de algodón, degenerados por la hibridación y el mal cuidado y cambiarlos rápidamente por tipos superiores que determinaron con experimentación.

## INTRODUCCIÓN

El género *Gossypium*, al cual pertenece el algodón, consta de numerosas especies de las cuales una parte presenta semilla recubierta de fibra hilable, que son las "cultivadas" y la otra tiene ejemplares cuya semilla no presenta fibra o esta es muy escasa y corta los cuales son llamados comúnmente "silvestres". Todos los algodones cultivados en lejanos tiempos fueron perennes, de tipo arbustivo y de ciclo largo; luego estos arbustos han sido desplazados por variedades tempranas, anuales, de porte bajo logradas a través de mejoramiento genético. Sin embargo, en muchos lugares del mundo, persisten en forma subespontánea, aquellas formas arbustivas de algodones con fibra hilable que en Venezuela se denominan "Algodones Pajarito".

Los materiales de "Algodones Pajarito" o "Algodones Nativos", *Gossypium hirsutum* L., raza María Galante y *G. barbadense*, que se han introducido al Banco de Germoplasma del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Venezuela, provenientes de esta y otras colectas (Gutiérrez, 1999) son Tetraploides de las especies *G. hirsutum* y *G. barbadense*, los cuales mantienen una amplia variabilidad, ya que no han sido objeto de selección genética y a que, por ocupar una amplia distribución en regiones eco geográficas, mantienen características de adaptación al medio que podrían ser fácilmente incorporadas a los algodones comerciales, gracias a su condición de poliploidía; por lo tanto, ofrecen una alternativa muy valiosa a los trabajos de mejora genética (Alleah y Wilhelms, 1975; Mc Carty *et al.*, 1977; Kennedy y Hutchinson, 2001; Zhang y Stewart, 2001).

La conservación de la variabilidad genética del género *Gossypium* se hace cada día más importante, ya que la mayoría de los materiales comerciales provienen de un tronco de unos 17 padres comunes (Aslam *et al.*, 2001; Dudnik *et al.*, 2001).

La mayoría de las variedades cultivadas actualmente en el mundo pertenecen a un tipo llamado Upland o Algodones Americanos los cuales provienen del *Gossypium hirsutum* raza *latifolium*, que es un algodón tetraploide. Los alotetraploides (Genoma AD) son entonces responsables de 95% de la producción mundial de algodón; sin embargo, *G. arboreum* (A2) es aún cultivado en las tierras marginales de Pakistán y la India, aproximadamente 1% del total en el mundo (Jonson y Thein, 1970).

También existen siembras pequeñas de *G. barbadense* en África, 4% de la superficie mundial; pero se puede decir que el principal valor de los algodones diploides en la actualidad es como fuente de diversidad genética para los programas de mejoramiento genético de los algodones tetraploides, haciendo uso de diversas técnicas de duplicación cromosómica y, más recientemente, de introgresión. En los casos en que es necesario transferir características de resistencia a factores bióticos y abióticos a los materiales comerciales, generalmente se debe recurrir a cruces con las especies silvestres que son diploides (cruces ínter específicos); estos cruces son difíciles de lograr y de escasa viabilidad debido a que se debe inducir duplicación cromosómica con colchicina y otros medios artificiales.

A partir de diversas expediciones de colecta que Ano y Schwendiman realizaron en las Indias y América Latina (Ano *et al.*, 1982; Ano y Schwendiman, 1983, 1984; Schwendiman *et al.*, 1986), señalaron que es sorprendente como aún se encuentran tipos arcaicos de algodones cultivados y tratan de explicar este particular hecho por el uso que el hombre ha dado a estos tipos. Los autores indican que a pesar de que el crecimiento del cultivo de uso industrial y la disminución del cultivo familiar, muchos especímenes sobreviven en los patios de las casas o se presentan a las orillas de las carreteras.

Se desataca que con el presente trabajo de colecta se contribuye a la conservación de la variabilidad genética del género *Gossypium* en Venezuela, especialmente en lo que se refiere a los tipos nativos o Algodones Pajarito de las especies *G. hirsutum* y *G. barbadense*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección de las áreas de estudio

Para la selección de la zona se tomó en cuenta las observaciones, a lo largo de varios años, del reconocimiento de una gran cantidad de algodones arborescentes en las zonas de Espinares cercana a la costa nor-este del estado Falcón<sup>1</sup>.

En la Figura 1 se presenta el mapa del estado Falcón y la referencia a su ubicación en el país, con las localidades visitadas resaltadas en negro.

El estado Falcón es el estado más seco de Venezuela y el punto continental más septentrional del país, con el Cabo de San Román encabezando la Península de Paraguaná. En este estado se hizo un primer recorrido por la Carretera Araguán-La Piedra para llegar a San José de la Costa, municipio Píritu. Luego se visitó la localidad El Isidro y por último se recorrió la Carretera entre Mirimire y Capadera, municipio Acosta.

La colecta se realizó en las márgenes de la carretera en formaciones climáticas y sucesionales de espinares, a finales del mes de enero de 2002. Para el momento de la colecta muchos algodones se encontraban en plena floración.

En la zona recorrida se distinguen Bosques semisecos o espinares, chaparrales y cujizales que presentan un aspecto de árboles pequeños y vegetación esparcida. La precipitación anual es irregular, y varía de menos de 800 y hasta 1 000 mm. Esta vegetación se encuentra en la parte norte y costera del país, estados de Falcón y Lara; en la región occidental del Lago de Maracaibo; alrededor de Cariaco, al sur de Barcelona, en el estado Anzoátegui; y en la Península de Paria e islas cercanas a la costa.

En un segundo viaje, a inicios del mes de febrero de 2002, se colectaron algunos materiales en la costa del estado Aragua; entre las poblaciones de playa denominadas Cata y Cuyagua, y un material morado fue colectado en la ciudad de Maracay (Sorocaima II).

En la franja costera del estado Aragua domina el clima tropical semiárido, con precipitaciones anuales del orden de los 500 mm y temperaturas de 26,3 °C de promedio anual.

<sup>1</sup>Trujillo Baltasar. 1998. Algodones arborescentes en la zona de Espinares cercana a la costa nor-este del estado Falcón. Comunicación personal.



Fuente: Atlas de Venezuela. 2001. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

**FIGURA 1.** Localización de los puntos de colecta en el mapa político del estado Aragua, República Bolivariana de Venezuela.

En los espacios interiores la altitud modifica la temperatura y el régimen de lluvias debido a la disposición de los cordones montañosos, por lo que existe una amplia gama de particularidades. De acuerdo con el régimen tropical de sabana las lluvias son más copiosas que en el litoral (de 800 a 900 mm), y las temperaturas más bajas. Las bandas secas costeras están ocupadas por formaciones espinosas, con arbustos espaciados, y a medida que se introducen en el interior se observa una vegetación de bosque caducifolio, con mayor número de especies.

En la Figura 2 se presenta el mapa político del estado Aragua y su ubicación en el país.

### Levantamiento de la información en los huertos de los pobladores de la zona

Con el fin de conocer el uso, nombre vulgar e historia de los algodones colectados, se procedió a:

- Identificar con nombres vulgares las plantas colectadas.
- Registrar el uso local conocido de las plantas.
- Colectar ejemplares de plantas (material vegetativo) para su identificación y semilla a fin de introducirlos al Banco de Germoplasma del Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas.

- Tomar las coordenadas geográficas y la altitud de cada localidad de colecta, unidad de producción o caserío.

En el campo se procedió al prensado y secado de las muestras colectadas para su posterior identificación, se tomó semilla y estacas para la propagación de los materiales.

### Entrevista Etnográfica (Entrevista Semi-Estructurada)

Se realizaron entrevistas etnográficas o semi-estructuradas a pobladores, incluyendo a todos los miembros del grupo familiar. Estas entrevistas se caracterizan por: ser una conversación con un propósito definido, acompañada de explicaciones etnográficas; utilización de preguntas etnográficas (preguntas descriptivas, preguntas estructuradas y preguntas de contraste, con repetición, estimulando la ampliación de la explicación (Tillet, 1995).

### Notas de Campo

Al momento de realizar la entrevista, se tomaron notas, fotografías u observaciones de campo que fueron complementadas luego de cada entrevista.





**FIGURA 3.** Petal Spot (mancha en la base de los pétalos) presente en algodones colectados en Venezuela.



**FIGURA 4.** Estigma sobresaliente sobre la columna estaminal y "Pétal spot" marcado en algodón local.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El producto del trabajo de investigación fue la colecta de 23 ejemplares de algodones nativos cuya localidad de procedencia se muestra en el Cuadro 1.

En el Cuadro 2 se presenta la caracterización morfológica de los materiales al momento de la colecta; se observa que la mayoría de los materiales, cerca del 95%, tienen características típicas de *Gossypium barbadense*, el cual ha sido descrito como una especie cuyo Centro de Origen está en América del Sur, con poblaciones silvestres en el litoral del Caribe de América del Sur y las Antillas.

*G. barbadense*, a pesar de que se parece mucho a *G. hirsutum*, tienen sus hojas menos lobuladas, más pequeñas, flores con corola de color amarillo oro, frecuentemente con una mancha interna en la base de los pétalos "Petal Spot", estambres con filamentos cortos e iguales, lo que le da a la columna estaminal una apariencia cilíndrica compacta (León, 1987).

El 96% de los algodones colectados en la expedición, presentan "Petal Spot" marcado y estigma muy sobresaliente, lo que indica la factibilidad de que tengan fibras largas. Otra característica muy común es que sus hojas son de pequeño tamaño y con lóbulos poco profundos. Se puede también inferir que en la zona pueda haber ocurrido introgresión entre *G. hirsutum* (raza Maria-Galante) y *G. barbadense*. Estos materiales son comúnmente denominados "Algodones Pajarito" por los pobladores del todo el territorio.

Para la clasificación botánica se han tomado en cuenta las características que a continuación se describen:

- **Color de la planta y de las hojas:** todos los algodones colectados son de color de tallo verde a excepción del material procedente del municipio Mariño del estado Aragua que es de color morado intenso. En el caso de los algodones 7, 8 y 9 procedentes del km 20 de la carretera Araguán-San José de la Costa, se presentó color rojizo en sus hojas, característica que los diferencia del resto de los materiales de la zona.

- **Lóbulos y forma de la hoja:** se observa el número de lóbulos de la hoja y la profundidad de los lóbulos, encontrando cuatro tipos a saber: trilobulada profunda, trilobulada poco profunda, pentalobulada profunda y pentalobulada poco profunda. Las hojas trilobuladas son características de la especie *G. barbadense*, mientras con más de cinco lóbulos son comunes en *G. hirsutum*. Los materiales colectados son trilobulados, a excepción de los materiales 4 y 12, provenientes ambos del estado Falcón, con lóbulos de profundos a poco profundos.

- **Color de los pétalos:** se presentan dos categorías de color de los pétalos, amarillo y crema. En la mayoría de los materiales se observó ese color "oro", característico de la especie *G. barbadense* y solamente los materiales 2, 10 y 11 tienen pétalos crema lo que podría ser el resultado de la introgresión entre *G. hirsutum* y *G. barbadense*.

**CUADRO 1.** Coordenadas geográficas del lugar de procedencia de los algodones nativos colectados en Venezuela.

N°	Localidad de colecta	Latitud N	Longitud O	Altura m.s.n.m.	Tipo
1	Km 17 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón	11° 23' 21"	68° 49' 59"	41	Silvestre
2	Km 17 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón	11° 23' 21"	68° 49' 57"	41	Silvestre
3	Km 18 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón (en terreno arcilloso)	11° 23' 21"	68° 49' 58"	42	Silvestre
4	Km 18 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón (en terreno arcilloso)	11° 23' 21"	68° 49' 56"	42	Silvestre
5	Km 18 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón (en terreno arcilloso)	11° 23' 21"	68° 49' 56"	41	Silvestre
6	Km 19 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón. Frente a la casa del Sr. Gustavo Romero.			46	Silvestre
7	Km 20 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón. Cerca de la casa de la loma.	11° 26' 01"	68° 50' 07"	69	Silvestre
8	Km 20 de la carretera Araguán-San José de la Costa. Ubicada frente a la 7. Cerca de la casa de la loma, Falcón	11° 26' 01"	68° 50' 07"	69	Silvestre
9	Km 20 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón. Ubicada cerca de la 8. Cerca de la casa de la loma.	11° 26' 01"	68° 50' 07"	70	Silvestre
10	Km de la carretera Araguán-San José de la Costa, Ubicada cerca de la 8, estado Falcón.	11° 26' 01"	68° 50' 07"	69	Silvestre
11	Km 21 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón. Al lado de la muestra 7.	11° 26' 01"	68° 50' 07"	69	Silvestre
12	Km 23 de la carretera Araguán-San José de la Costa, estado Falcón.			65	Silvestre
13	El Encanto, vía hacia El Isidro, cerca del pueblo, estado Falcón.	11° 24' 52"	68° 49' 08"	68	Silvestre
14	Cerca del Isidro a mano derecha en la entrada, espinares, estado Falcón.	11° 24' 52"	68° 49' 08"	69	Silvestre
15	El Isidro, estado Falcón.	11° 21' 56"	68° 46' 29"	66	Huerto casero
16	Carretera entre Mirimire y Capadera, estado Falcón.	11° 10' 35"	68° 50' 19"	50	Silvestre
17	Carretera entre Mirimire y Capadera, estado Falcón.	11° 10' 50"	68° 50' 23"	42	Silvestre
18	Carretera entre Mirimire y Píritu, estado Falcón.	11° 21' 18"	69° 03' 55"	42	Silvestre
19	Carretera entre Mirimire y Capadera, estado Falcón.	11° 29' 50"	69° 14' 52"	36	Silvestre
20	Entre Cata y Cuyagua, estado Aragua.			20	Silvestre
21	Entre Cata y Cuyagua, estado Aragua.			16	Silvestre
22	Entre Cata y Cuyagua, estado Aragua.			20	Silvestre
23	Sorocaima II, Parroquia Samán de Guere, municipio Mariño, Maracay, estado Aragua.			413	Silvestre

**CUADRO 2.** Caracterización morfológica de color de planta, hoja, pétalos, linter y fibra; número y profundidad de lóbulos en las hojas, brácteas Falcón y Aragua de la República Bolivariana de Venezuela.

Entrada	Color		Lóbulos de las Hojas					Flor			Fruto	
	Planta	Hoja	Pétalos	Linter	Fibra	Número	Profundidad	Petal Spot	Bracteas dentadas	Estigma	Tamaño	Lóculos
1	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
2	Verde	Verde	Crema	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
3	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Poco profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Mediano	Cuatro
4	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Crema	Pentalobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Mediano	Tres
5	Verde	Verde	Amarillo	Gris	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Mediano	Tres
6	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Mediano	Tres
7	Verde	rojizo	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
8	Verde	rojizo	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Mediano	Tres
9	Verde	rojizo	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
10	Verde	Verde	Crema	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
11	Verde	Verde	Crema	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
12	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Pentalobulada	Poco profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
13	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Ausente	Muy dentadas	Moderada	Grande	Cinco
14	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Poco profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Cuatro
15	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
16	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
17	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
18	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
19	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
20	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Muy dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
21	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
22	Verde	Verde	Amarillo	Marrón	Marrón	Trilobulada	Profunda	Marcado	Poco dentadas	Marcada	Pequeño	Tres
23	Morado	Morado	Amarillo	Gris	Crema	Trilobulada	Profunda	Marcado	Muy dentadas	Marcada	Grande	Cinco

- **Presencia de "Petal Spot":** sólo uno de los materiales, procedente del las cercanías del pueblo de San Isidro del estado Falcón, no tiene mancha en la base de los pétalos. Todos los materiales restantes tienen "Petal Spot" marcado lo que se corresponde con un carácter típico en la clasificación de la especie *G. barbadense*.

- **Sobresaliencia del estigma:** la sobresaliencia del estigma es también marcada en todos los materiales exceptuando al mismo material que no tiene la mancha en la base de los pétalos. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de marcada sobresaliencia del estigma.

- **Tamaño del Fruto:** los frutos han sido clasificados en 3 tamaños: pequeños, medianos y grandes. El 70% de ellos son de fruto pequeños, típicamente barbadense, el 21% tienen frutos medianos y solo 2 materiales tienen grandes bellotas.

- **Número de lóculos por bellota:** este atributo permite clasificar materiales ya que los *G. barbadense* típicamente cuentan con 3 a 4 lóculos mientras *G. hirsutum* tiene de 4 a 5 lóculos por bellota. El 82% de los materiales son de 3 lóculos y el resto 18% son de 4 y 5 lóculos en iguales frecuencias. Cabe destacar que los materiales 13 y 23 tienen bellotas grandes y de 5 lóculos.

- **Brácteas de la flor:** las brácteas poco dentadas cubriendo casi totalmente la flor son frecuentes en *G. barbadense*, como es el caso de la mayoría de los materiales aquí estudiados (87%) mientras brácteas normales con 7 dientes se presentan más frecuentemente en *G. hirsutum*, tal como ocurre en los materiales 13, 20 y 23.

- **Color del linter:** se presentan diversos colores en la cubierta de la semilla "linter" los cuales se han clasificado en: crema, verde, gris y marrón. Es común que los algodones nativos presenten linter de color oscuro particularmente verde. Se encontró que la mayoría son de linter marrón y sólo dos son de linter verde y dos de linter gris.

- **Color de la fibra:** La fibra de todos los materiales colectados es de color crema, a excepción de la entrada 2, procedente del estado Aragua cuya fibra es de color marrón.

### Conocimiento Local sobre los Algodones Nativos

En el pueblo de San José de la Costa del estado Falcón, se conoce desde tiempos muy lejanos el uso de los Algo-

dones nativos para confeccionar hilos que eran utilizados para elaborar mantas, manteles y telas. El maestro del pueblo, y dueño de una pequeña bodega, asegura que siempre han existido algodones en la zona y que nunca han sido sembrados por el hombre; él hizo referencia a las señoras viejitas hiladoras que aún existen en el pueblo.

En una casa del pueblo que pertenece a la familia Álvarez, fue recogida la información sobre los "Algodones Pajarito", indicándose que los mismos se encuentran en los lugares que tienen grea (zonas pedregosas) y que nunca se han sembrado. Por otra parte, el grupo familiar asegura que nunca se han sembrado algodones comerciales en la zona.

Se conoce que dentro del Espinar se encuentran muchas de éstas plantas en forma natural, tal como se pudo constatar en el recorrido. Pobladores del pueblo dicen que hace aproximadamente 70 años, antes de la llegada del hilo comercial, se sembraba Algodón Riñón y se desmontaba e hilaba para flecos, chinchorros y telas. Lo describen como un capullo grande con una flor igual a la del Pajarito. Explican que con la entrada al país del "hilo de ovillo" (hilo comercial), que se adquiría por muy poco dinero (un ovillo por una locha ó 12 ½ céntimos de bolívar), se dejó de cultivar el algodón Pajarito.

Por las referencias obtenidas en San José de la Costa se visitó la localidad de El Isidro, a pocos kilómetros de esa localidad, donde la señora Manuela Lugo, de 92 años, hizo una demostración del trabajo de hilar con un uso rudimentario (que tiene más de 70 años) utilizando algodón que tiene en el patio de su casa. El material, identificado con el número 15 de nuestra colecta es de porte bajo, con "Petal Spot" presente, con 3 y 4 lóculos de fibra muy blanca. En la Figura 5 se muestra una secuencia del proceso artesanal de hilado común en la zona y en la Figura 6 un tejido elaborado con fibra local.

### CONCLUSIONES

- Con las expediciones de colecta en las zonas costeras de los estados Falcón y Aragua se logró rescatar materiales perennes de algodón que crecen de manera espontánea, utilizados por los pobladores de la zona para elaborar sus tejidos hasta la llegada de la fibra comercial.



**FIGURA 5.** Secuencia del proceso de hilado de fibra de algodón pajarito, utilizando un uso rudimentario, que realizan las ancianas de los pueblos del estado Falcón; señora Manuela Lugo.

- Los algodones colectados tienen características tales como "Petal spot" (mancha púrpura en la base de los pétalos) presente, desde muy marcados hasta ligeramente manchado, estigma desde marcadamente sobresaliente hasta sobresaliente y frutos pequeños de tres a cuatro lóculos.
- El porte de los materiales es arbustivo con copas redondeadas y cilíndricas.
- Los algodones de Falcón se clasificaron como *Gossypium barbadense* y *G. hirsutum* raza Maria Galante y uno de los colectados en Aragua fue clasificado como *G. purpurascens*.
- Las presentes colectas contribuyen al incremento de la variabilidad genética del género *Gossypium* conservada en el Banco de Germoplasma Algodón del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias en Venezuela para su posterior caracterización y conservación.



**FIGURA 6.** Tejido elaborado, con hilo de Algodón Pajarito, por la señora Manuela Lugo, El Isidro, estado Falcón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alleah B., H. and S. Wilhelms. 1975. *Gossypium hirsutum* race Marie-Galante, a new source of Verticillium wilt resistance in Cotton. Proceeding of the American Phytopathological Society. Vol 2.
- Ano, G. and J. Schwendiman. 1983. Cotton Collecting in Three South American Countries (II). Plant Genetic Resources Newsletter 54:6-10.
- Ano, G. and J. Schwendiman. 1984. *Gossypium* survey: Collecting in Peru (III), Collecting in Mexico (IV), Present survival of Sub-spontaneous cotton. Plant Genetic Resources Newsletter 57:32-33.

- Ano, G., J. Shewendiman, J. Fersing J. and M. Lacape. 1982. Les cotonniers primitifs *G. hirsutum* race yucatanense de la Pointe des Châteaux en Guadalupe et l'origine possible des cotonniers tétraploïdes du Nouveau Monde. *Cot. Fib. Trop.*, vol XXXVII, fasc 4:328-332.
- Antich R., S. J. 1963. Problemas del Cultivo del Algodón en el Estado Portuguesa. Terceras Jornadas Agronómicas. Boconó. Estado Trujillo, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 23 p.
- Antich R., S. J. 1967. El cultivo del Algodón en Venezuela. Material Inédito. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Estado Aragua Venezuela. 18 p. (disponible en la oficina de Margaret Gutiérrez, edf. 08 CENIAP, Maracay, Edo. Aragua, Venezuela).
- Aslam, M., R. L. Travis and D. W. Rains. 2001. Diurnal fluctuations of Nitrate uptake and *in vivo* Nitrate Reductase Activity in Pima and Acala Cotton. *Crop Science*. 41:372-378.
- Banco Central de Venezuela (BCV). 1958. Colección Histórico-Económica Venezolana, Volumen I. Sociedad Económica de Amigos del País. Memorias y Estudios 1829-1939. Tomo I. Compilación Pedro Grases, estudio preliminar Pascual Venegas Filardo. Publicado por el Banco Central de Venezuela. Tomo I: 303-308 p.
- Berger, J. 1969. The world's major fibre crops, their cultivation and manuring. Centre d'étude de L'Azote. Consultado en fecha 26 de junio de 2002, disponible en la dirección [www@cirad.fr](http://www@cirad.fr)
- Brown, B. H. y Ware, J. 1961. Algodón. Tercera Edición. Editorial Hispano- americana. México.
- Brubaker C., L. and F. Wendel J. 1994. Reevaluating the origin of domesticated cotton (*Gossypium hirsutum*; Malvaceae) using nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLP s). *American Journal of Botany* 81 (10):1 309-1 326.
- Dudnik, N. S., I. Thormann and T. Hodkin. 2001. The extent of use of Plant Genetic Resources in Research. A literature survey. *Crop Science*. 41:6-10.
- Gamarra, C. 2002. Plantas medicinais do Ceará. Prof. Francisco José de Abreu Matos. *Gossypium hirsutum* L. Monday, January 14, 2002.
- Gutiérrez Mulas Margaret. 1999. Catálogo del Banco de Germoplasma de Algodón del CENIAP, Ven., Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 76 p. (Serie C, N° 45).
- International Board For Plant Genetic Resources (IBFPGR). 1985. Cotton Descriptors. (Revised). Rome. International Board for Plant Genetics Resources. Secretariat. p. 17.
- Johnson, B. L. and M. M. Thein. 1970. Evolution in *Gossypium*. *American Journal of Botany*. 1 086-1 092.
- Kennedy, Ch. W. and R. L. Hutchinson. 2001. Cotton growth and development under different tillage systems. *Crop Science* 41:1 162-1 168.
- Lazo, G R., Yong-Ha Park and R. J. Kohel. 1994. RAPD Probes for *Gossypium hirsutum* x *G. barbadense* from Identification of RAPD Markers Linked to Fiber Strength in *Gossypium hirsutum* and *G. barbadense* crosses. In: The biochemistry of Cotton Workshop, September 28-30, 1994.
- Lennart B., J. and M.t T. Maung. 1970. Assessment of evolutionary affinities in *Gossypium* by protein electrophoresis. *American Journal of Botany*. 57(9):1 081-1 092.
- León, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. Colección de libros y Materiales Educativos /IICA; No 84. San José Costa Rica XXI. 445 p.
- Lewis, C. F. and T. R. Richmond. 1978. The genetics of flowering response in Cotton. Y Fruiting behavior of *G. hirsutum* var. Marie- Galante in a cross with a variety of cultivated American Upland Cotton. *Crop Science*.
- Mc Carty, J. C., J. N. Jenkins and W. L. Parrot 1977. Boll weevil resistance, agronomic characteristics and fiber quality in progenies of a cotton cultivar crossed with 20 primitive stocks. *Crop Science* Vol. 17 Jan-Feb.
- Schnee Ludwig. 1984. Plantas comunes de Venezuela. 3 ed.- Caracas: Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca 882 p.
- Schwendiman, J., A. E. Percival and J. L. Belot. 1986. Cotton collecting on Caribbean Islands and South Florida. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 66:2-5.

Tillet, S. 1995. Guía introductoria de etnobotánica. Facultad de Farmacia. Cátedra de Botánica y Herbario Dr. Víctor Manuel Ovalles. Universidad Central de Venezuela. p. 25.

Uzcátegui, L. 1945. La Campaña Algodonera del Ministerio de Agricultura y Cría. Editorial Crisol. Caracas Venezuela.

Zhang, J. F. and James Mcd. Stewart. 2001. Inheritance and Genetic relationships of the D8 and D2-2 restorer genes for cotton cytoplasmic Male Sterility. *Crop Science* 41:289-294.

## EVALUACIÓN DE VARIOS FACTORES SOBRE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL GRANO DE CACAO EN FERMENTACIÓN<sup>1</sup>

### EVALUATION OF SOME CHEMICAL CHARACTERISTICS OF COCOA BEANS IN FERMENTATION<sup>1</sup>

Ligia Ortiz de Bertorelli\*, Lucía Graziani de Fariñas\* y Rovedas L. Gervaise\*

<sup>1</sup> Trabajo financiado por FUNDACITE Aragua y por FONACIT.

\* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: ortizl@agr.ucv.ve; ortizl41@cantv.net

#### RESUMEN

Frutos de cacao, *Theobroma cacao* L., tipos criollo y forastero de Cumboto (Aragua) recién cosechados (AM1) y a los 5 días de la recolección (AM2) fueron fermentados sin remover (SR) la masa fermentante (semillas y pulpa) y removiéndola cada 24 y 48 horas, para determinar como afectan el almacenamiento del fruto previo a la fermentación y la frecuencia de remoción de la masa a las características químicas del grano. A la pulpa y cotiledón del grano en fermentación y al grano entero, se les midió la humedad, pH, acidez total titulable, proteínas y taninos. Según los resultados, el almacenamiento del fruto ocasionó una disminución de la humedad y acidez y un incremento de los taninos en los cacao analizados, en cambio el efecto sobre las proteínas fue variable. La remoción también influyó sobre las características químicas de los granos, en ambos cacao se redujeron la humedad, la acidez y los taninos, mientras que el pH y las proteínas aumentaron. Sin embargo, no se observaron variaciones entre los parámetros al remover la masa con más frecuencia. La composición de las dos fracciones de los granos mostró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), presentando la pulpa de ambos cacao los mayores valores de humedad y pH, y el cotiledón del forastero la menor acidez y mayor contenido de taninos. En conclusión el almacenamiento del fruto antes del desgrane y la frecuencia de remoción de la masa fermentante afectaron las características químicas del grano en fermentación.

**Palabras Clave:** *Theobroma cacao* L.; cacao; frecuencia de remoción; almacenamiento del fruto; fermentación; características químicas.

#### SUMMARY

Cacao fruits of the criollo and forastero types from Cumboto (Aragua), recently harvested (AM1) and fruits which had 5 days after harvest were fermented without moving (SR) the fermentating mass (seeds and pulp) at whole, and moving it every 24 and 28 hours in order to evaluate how these treatments affect the chemical characteristics of the beans. The moisture content, pH, total titratable acidity, proteins and tannins contents were measured on pulp, grains and grain cotyledons. According to the results, the storage of the fruits induced a reduction of the moisture content and acidity and an increase in the content of tannins, whereas its effect on the proteins content was variable. The movement of the fermentating mass also affected the chemical characteristics of the beans; for both types of cacao there was a reductions in the moisture content, acidity and content of tannins, while the pH and content of proteins was increased. However, there was not variations in the evaluated parameters due to the frequency of mass movement. The composition of the two fractions of beans showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ); the pulp of both cacao exhibited the highest values of moisture content and pH, and the cotyledon of the forastero cacao the lowest acidity and the highest content of tannin. As a conclusion the chemical characteristics of fermentating beans were affected by fruit storage and by the frequency of movement of the fermentating mass.

**Key Words:** *Theobroma cacao* L.; cocoa; turning time; storage cocoa fruits; fermentation; chemical characteristics.

## INTRODUCCIÓN

En el beneficio del cacao, *Theobroma cacao* L., la fermentación es muy importante porque durante esta fase se desarrollan los precursores del aroma y sabor a chocolate. Diversos factores afectan esta etapa, entre ellos: el tipo de cacao (Braudeau, 1970; Graziani *et al.*, 2002), tiempo de almacenamiento del fruto o mazorca antes de la apertura y el desgrane (Barel, 1987; Dias y Avila, 1993; Meyer *et al.*, 1989; Samah *et al.*, 1993; Schwan *et al.*, 1990; Torres *et al.*, 2004), así como la frecuencia de remoción de la masa (semillas y pulpa) fermentante (Puziah *et al.*, 1998; Senanayake *et al.*, 1997; Schwan *et al.*, 1990), factores que, en consecuencia, inciden sobre la calidad del producto final.

El almacenamiento de la mazorca previo al desgrane y fermentación acelera el proceso fermentativo, debido a que la temperatura se eleva más rápidamente y los valores alcanzados son más altos a medida que se incrementa el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao (Barel, 1987; Torres *et al.*, 2004).

El retardo en el desgrane aumenta los taninos en el cotiledón (Torres *et al.*, 2004), favorece la hidrólisis de la pulpa, reduce la acidez del cacao (Barel, 1987; Meyer *et al.*, 1989), disminuye los niveles de ácido láctico, ácidos volátiles y ácidos totales libres (Dias y Avila, 1993) y realza el sabor del cacao fermentado (Meyer *et al.*, 1989; Samah *et al.*, 1993).

Sin embargo, se ha observado que para obtener un mejor potencial del sabor, es conveniente un ascenso lento de la temperatura, de modo que se forme menos cantidad de ácido acético y no ocurra una sobreacidificación de los granos (Biehl *et al.*, 1985). Además, se ha notado que al extender indebidamente el proceso fermentativo las bacterias aeróbicas causan una sobrefermentación (Meyer *et al.*, 1989), por lo que es recomendable reducir el tiempo del proceso cuando la proporción de mazorcas desgranadas tardíamente es alta (Torres *et al.*, 2004).

La frecuencia de remoción de la masa fermentante durante la fermentación del cacao, también ejerce un efecto significativo sobre los precursores del sabor (Puziah *et al.*, 1998), porque incrementa la aireación, regula la acidez del producto y la velocidad del proceso fermentativo. Así mismo, evita que los granos se aglomeren y con ello el desarrollo de hongos en la superficie y en las esquinas de los fermentadores (Senanayake *et al.*, 1997). Sin embargo, si la masa se

remueve muy frecuentemente se produce mucha aireación y un descenso de la temperatura, y en consecuencia, disminución de la velocidad metabólica y alta concentración de ácido acético en los granos (Puziah *et al.*, 1998). Además, la remoción frecuente de la masa puede alterar la secuencia microbiana apropiada y provocar la aparición de metabolitos, que al difundirse por el interior de los cotiledones afectarían negativamente la calidad del producto final (Schwan *et al.*, 1990), siendo por lo tanto importante el control de dicho factor.

Ahora bien, a pesar de la relevancia de la influencia de dichos factores sobre la calidad final del cacao, la información disponible en el país es limitada, por lo que el objetivo de este estudio consistió en determinar como son afectadas las características químicas de los granos por el almacenamiento del fruto y la frecuencia de remoción de la masa fermentante, durante la fermentación del cacao tipo criollo y tipo forastero de Cumboto (Aragua), conocimiento que beneficiará a los productores y técnicos de cacao en la implementación de métodos adecuados para la obtención de productos de alta calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el ensayo se utilizaron materiales, fermentados recién cosechados (AM1) y a los 5 días de almacenados (AM2) de cacao tipo criollo y tipo forastero de la localidad de Cumboto (Aragua). Esta zona, ubicada en la Región Central del municipio Costa de Oro, estado Aragua, presenta una precipitación anual de 467 a 988,5 mm anuales, con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso, una temperatura media anual de 25,76 °C y una humedad relativa promedio de 68% (Monagas, 1995).

Los árboles fueron identificados sobre la base de algunos descriptores taxonómicos señalados por Bekele *et al.* (1994) y el grado de madurez de los frutos se estableció según los criterios utilizados por González *et al.* (1999), cosechándose al azar 300 mazorcas sanas y maduras de cada tipo de cacao.

La fermentación de los lotes de los 2 tipos de cacao fue realizada por 5 días en Cumboto, de acuerdo con el método señalado por Graziani de Fariñas *et al.* (2003a), aplicando las siguientes frecuencias en la remoción (FR) de la masa fermentante: cada 24 h, cada 48 horas y sin remover (SR).

El ensayo se estableció de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado con 3 observaciones y un arreglo factorial mixto 22x3, en los cuales los factores evaluados fueron: almacenamiento de la mazorca (0 y 5 días) y frecuencia de remoción (0, cada 24 y cada 48 h) para ambos tipos de cacao (TC).

Los análisis químicos: Humedad (N° 931,04), pH (N° 970,21), acidez total titulable (N° 942,15) y proteínas (N° 970,20), este último con la realización de un desgrasado previo de las muestras con éter de petróleo por 4 horas (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003b), se efectuaron según los métodos de la AOAC (1997) y los taninos por el método Folin Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Todos los análisis se realizaron por triplicado en las fracciones (FG) pulpa y cotiledón del grano en fermentación y en el grano entero (GE).

A los resultados obtenidos se les hizo un análisis de varianza y una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan, mediante el paquete estadístico SAS (1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico, de los resultados de las características químicas del grano en fermentación, reveló diferencias altamente significativas tanto para los efectos simples (AM y FR) como para las interacciones de los factores evaluados (AM x TC y FR x TC), siendo de mayor relevancia las interacciones, las cuales son presentadas en los Cuadros 1 y 2.

**CUADRO 1.** Promedios de las características químicas del grano entero durante la fermentación del cacao tipo criollo.

Factores		Características Químicas				
		Humedad %	pH	Acidez%	Taninos %	Proteínas %
Almacenamiento	0 días (AM1)	58,26a	5,92b	1,16a	0,72b	18,88a
	5 días (AM2)	55,91b	6,45a	0,89b	0,84a	15,94b
Frecuencia de remoción	SR	58,28a	5,36b	2,07a	0,88a	13,65b
	C/48 h	58,14a	6,46a	0,68b	0,76b	18,49a
	C/24 h b	56,91b	6,51a	0,65b	0,73b	19,11a

En cada factor letras distintas en columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

**CUADRO 2.** Promedios de las características químicas del grano entero durante la fermentación del cacao tipo forastero.

Factores		Características Químicas				
		Humedad %	pH	Acidez%	Taninos %	Proteínas %
Almacenamiento	0 días (AM1)	60,17a	5,83b	0,95a	0,63b	17,06b
	5 días (AM2)	56,72b	6,61a	0,53b	1,08a	18,34a
Frecuencia de remoción	SR	59,67a	5,40b	1,58a	1,27a	14,72b
	C/48 h	58,37ab	6,45a	0,44b	0,66b	18,51a
	C/24 h	57,28b	6,59a	0,45b	0,73b	18,71a

En cada factor letras distintas en columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

### Almacenamiento del fruto

La prueba de rangos múltiples de Duncan indicó diferencias a un nivel de probabilidad del 5% entre los valores correspondientes a los análisis químicos de los cacaos AM1 y AM2 estudiados. El cacao AM2 presentó los menores contenidos de humedad y acidez, así como los mayores valores de pH y taninos, tanto en el tipo criollo (Cuadro 1) como en el forastero (Cuadro 2). En cambio, el contenido de proteínas fue inferior en el cacao AM2 del tipo criollo y superior en este mismo cacao del tipo forastero, variabilidad que podría haber sido ocasionada por posibles diferencias en el desarrollo microbiano durante el proceso. Además, se debe señalar que la diversidad genética tiene un papel resaltante en el contenido proteico.

Al almacenar el fruto antes del desgrane, el incremento de la temperatura en el proceso fermentativo es mayor y ocurre más rápidamente (Barel, 1987; Dias y Avila, 1993; Torres *et al.*, 2004), lo que favorece el proceso al acelerar la descomposición de las células de los cotiledones (Rohan, 1964). La acción microbiana causa desprendimiento de jugos (Braudeau, 1970), lo que conlleva a una pérdida de humedad, que es más alta en el cacao almacenado, debido a la mayor hidrólisis en la pulpa (Barel, 1987). Además, el rápido incremento de la temperatura, aunado a una ausencia de la fase anaeróbica, inhibe el desarrollo de las bacterias lácticas (Meyer *et al.*, 1989), observándose una correlación directa entre la población microbiana relevante y los niveles de los ácidos acéticos y lácticos producidos al fermentar el cacao (Samah *et al.*, 1993).

La ruptura de las paredes celulares permite el contacto entre las enzimas y sus respectivos sustratos (Cros y Jeanjean, 1995), ocasionando cambios en las proteínas, las cuales son degradadas, por acción enzimática, en aminoácidos y péptidos que difunden hacia la pulpa y testa (Braudeau, 1970).

La endoproteinasa aspártica y la carboxipeptidasa, al actuar sobre las proteínas, ocasionan una disminución de la concentración de las globulinas (Amin *et al.*, 1998; Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2006; Voigt *et al.*, 1994), generándose oligopéptidos hidrofílicos y amino ácidos hidrofóbicos libres, compuestos considerados como precursores del aroma específico del cacao fermentado (Voigt *et al.*, 1994).

En cuanto a los taninos, estos compuestos participan en reacciones de polimerización oxidativa y de oscurecimiento (Cros y Jeanjean, 1995), reacciones que

son afectadas positivamente por las temperaturas más elevadas que se alcanzan al fermentar mazorcas almacenadas (Rohan, 1964; Braudeau, 1970).

Los resultados de este estudio son concordantes con los de varios autores, quienes han observado que la demora en el desgrane de la mazorca causa una reducción de la humedad (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a) y un aumento de los taninos en el cotiledón (Torres *et al.*, 2004). Además, ocasiona una baja acidez al disminuir la formación de los ácidos acético y láctico en la pulpa y su absorción por el grano durante la fermentación del cacao (Meyer *et al.*, 1989), y también al reducir la producción de ácidos volátiles y totales libres (Dias y Avila, 1993), presentando mayor pH los granos de los cacaos almacenados antes de la fermentación (Meyer *et al.*, 1989).

### Frecuencia de remoción de la masa

Al aplicar la prueba de Duncan a los resultados de las características químicas del cacao tipo criollo (Cuadro 1) y tipo forastero (Cuadro 2) se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los valores, al variar la frecuencia de remoción. En ambos tipos de cacao, la humedad, la acidez y los taninos disminuyeron al remover la masa en el proceso, mientras que el pH y las proteínas aumentaron. Sin embargo, no se observaron variaciones entre las características al incrementar la frecuencia de remoción de cada 48 h a cada 24 h, lo que podría deberse al volumen de masa usado.

Varios autores han observado que el volumen de masa y la frecuencia de remoción influyen significativamente sobre los precursores del sabor. De forma que una alta cantidad de masa y alta frecuencia de remoción incrementan la concentración de las trimetil y tetrametil pirazinas, así como de las pirazinas totales (Puziah *et al.*, 1998). Además, ha sido detectada una disminución de la acidez (Schwan *et al.*, 1990; Dias y Avila, 1993; Senanayake *et al.*, 1997) y un aumento de la actividad proteolítica (Puziah *et al.*, 1998) al remover la masa durante la fermentación.

La remoción incrementa la aireación de la masa, lo cual afecta la temperatura de fermentación y la acidez del producto (Rohan, 1964; Schwan *et al.*, 1990; Dias y Avila, 1993; Senanayake *et al.*, 1997). Al remover la masa fermentante la temperatura se eleva, siendo menor dicha elevación cuando se aumentan los intervalos con que se remueve la masa (Senanayake *et al.*, 1997). Así mismo, la concentración de ácidos libres totales disminuye con el aumento de la frecuencia de la

remoción (Dias y Avila, 1993). El incremento de la temperatura y la aireación favorecen el desarrollo y la actividad de las bacterias acéticas, las cuales son responsables de la oxidación del etanol a ácido acético y de la ulterior formación de dióxido de carbono y agua (Senanayake *et al.*, 1997). Además, la aireación, al controlar la acidez del medio y elevar la temperatura, influye sobre la actividad enzimática necesaria para el desarrollo del sabor y aroma a chocolate, obteniéndose un producto con buenas características organolépticas cuando se fermenta el cacao con remociones frecuentes (Schwan *et al.*, 1990), ya que propicia la actividad proteolítica (Puziah *et al.*, 1998).

La aireación favorece la hidrólisis de la pulpa y el desprendimiento de jugos, lo que ocasiona una mayor pérdida de humedad. Igualmente, propicia la reducción de los taninos al promover la oxidación de los polifenoles por la acción de la polifenol oxidasa, reacción que requiere oxígeno externo (Senanayake *et al.*, 1997).

### Fraciones de los granos

El análisis estadístico, realizado a los valores promedios correspondientes a las características químicas de las fracciones de los granos de los dos tipos de cacao en fermentación, determinó la existencia de diferencias altamente significativas para la interacción TC x FG en la mayoría de las variables analizadas.

Al comparar las medias de los análisis químicos, se detectaron variaciones a un 5% de probabilidad entre las dos fracciones de los cacaos tipo criollo y forastero (Cuadro 3), presentando los mayores contenidos de humedad y pH la pulpa de ambos cacaos. En el criollo, los taninos y las proteínas no difirieron entre las dos fracciones y la acidez fue más baja en la pulpa, en

cambio en el forastero la mayor cantidad de taninos y la menor acidez le correspondieron al cotiledón.

Se ha señalado que la pulpa, constituida principalmente por agua, presenta un contenido promedio de humedad de 79% en estado fresco, mientras que el cotiledón sólo tiene un 36% (Graziani de Fariñas, *et al.*, 2003b). La diferencia en este componente se mantiene entre las fracciones del cacao en fermentación, con un descenso del contenido de humedad en la pulpa y un aumento en el cotiledón (Graziani de Fariñas *et al.*, 2002; Torres *et al.*, 2004), causado por la difusión de los productos de la descomposición microbiana de la pulpa (Rohan, 1964), que produce una fuerte emisión de líquidos (Dougan, 1981), los cuales son eliminados, en parte, en el exudado (Rohan, 1964).

En la pulpa mucilaginosa, ácida y azucarada del cacao sin fermentar, se ha obtenido una acidez total de 3,40% y en el cotiledón 0,31% (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003b). En el proceso fermentativo, esta acidez disminuye en la pulpa y aumenta en el cotiledón (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a; Torres *et al.*, 2004), debido a la absorción de los ácidos producidos por la degradación microbiana de la pulpa (Schwan *et al.*, 1990), difiriendo la variación entre los tipos de cacaos (Graziani de Fariñas *et al.*, 2002).

En el cacao fresco, se ha encontrado un contenido de taninos de 0,84% en la pulpa y en el cotiledón 0,68% en el tipo criollo y 0,80% en el forastero (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003b), concentraciones que varían en la fermentación por su participación en las reacciones que ocurren en el proceso, siendo el comportamiento distinto entre los tipos de cacao (Graziani de Fariñas *et al.*, 2002; Graziani de Fariñas *et al.*, 2003a; Torres *et al.*, 2004).

**CUADRO 3.** Promedios de las características químicas de las fracciones del grano durante la fermentación del cacao.

Tipo de cacao	Fracción	Características Químicas				
		Humedad %	pH	Acidez %	Taninos %	Proteínas %
Criollo	Pulpa + testa	70,21a	6,61a	0,89b	0,79a	17,61a
	Cotiledón	43,96b	5,75b	1,16a	0,77a	17,19a
Forastero	Pulpa + testa	74,27a	6,29a	0,88a	0,76b	17,63a
	Cotiledón	42,63b	6,16b	0,60b	0,95a	17,77a

Para cada tipo de cacao, letras distintas en columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

Para finalizar se puede señalar que el almacenamiento del fruto antes del desgrane y fermentación y la frecuencia de remoción de la masa fermentante afectaron las características químicas del grano en fermentación. El almacenamiento, previo al desgrane, ocasionó una disminución de la humedad y de la acidez y un incremento de los taninos en los cacaos analizados, en cambio el efecto sobre las proteínas fue variable. La frecuencia de remoción también influyó sobre las características químicas de los granos, en el criollo afectó sólo a la humedad, mientras que en el forastero al pH y a la acidez. La composición de las dos fracciones de los granos difirió significativamente ( $P \leq 0,05$ ), presentando la pulpa de ambos cacaos los mayores valores de humedad y pH, en tanto que al cotiledón del forastero le correspondió la menor acidez y el mayor contenido de taninos.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la técnico Boni Escorche y al señor Rafael Osorio, la colaboración prestada.

### BIBLIOGRAFÍA

- Amin, I., S. Jinap and B. Jamilah. 1998. Proteolytic activity (aspartic endoproteinase and carboxypeptidase) of cocoa bean during fermentation. *J. Sci. Food Agric.* 76:123-128.
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). 1997. Official methods of analysis. 16th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA. Cap.312. pp1-17.
- Barel, M. 1987. Délai d'écabossage. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. *Café Cacao The.* 31(2):141-150.
- Bekele, F., A. Kennedy, C. Mc David, F. Lauckner and I Bekele. 1994. Numerical taxonomic studies on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. *Euphytica.* 75(39):231-240.
- Biehl, B., E. Brunner, D. Passern, L. Quesnel and D. Adomako. 1985. Acidification, proteolysis and flavour potential in fermenting cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 36:583-598.
- Braudeau, J. 1970. El Cacao. Primera edición. Editorial BLUME. Barcelona, España. 292 p.
- Cros, E. and N. Jeanjean. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, recherché, développement.* 24:25-27.
- Dias, J. e M. Avila. 1993. Influência do período de pós-colheita do fruto, sistema de revolvimento da massa e tempo de fermentação sobre a acidez do cacau. *Agrotrópica.* 5(2):25-30.
- Dougan, J. 1981. Methods for monitoring degree of aeration and the production and dissimilation of alcohol, acetic and lactic acids during cocoa fermentation. 8th International Cocoa Research Conference. Cartagena, Colombia. Pp 814-816.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli, M. Lemus y P. Parra. 2002. Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacaos sobre algunas características químicas durante la fermentación. *Agronomía Trop.* 52(3):325-342.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli, N. Álvarez y A. Trujillo de L. 2003a. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop.* 53(2):175-187.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli y P. Parra. 2003b. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Trop.* 53(2):133-144.
- González, F., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de F. y E. Monteverde-Penso. 1999. Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 25(2):159-171.
- Meyer, B, B. Biehl, M. Bin Said and R. Samarakoddy. 1989. Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *J. Sci. Food Agric.* 48:285-304.
- Monagas, O. 1995. Estudio socio económico y agronómico de los productores y las parcelas agrícolas de la población de Cumboto, Municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 64p.

- Ortiz de Bertorelli, L, H. Maldonado, P. Parra y L. Graziani de Fariñas. 2006. Caracterización electroforética de las globulinas del grano fermentado de tres tipos de cacao. *Interciencia*. 31(6):441-445.
- Puziah, H., S. Jinap, M. Kharidah and A. Asbi. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *J. Sci. Food Agric.* 78:543-550.
- Rohan, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.
- Samah, A, N. Ibrahim, H. Alimon and M. Abdul Karim. 1993. Fermentation studies of stored cocoa beans. *World J. Microbiol. Biotechn.* 9:603-604.
- Schwan, R, A. López, D. Silva e M. Vanetti. 1990. Influência da frequência e intervalos de revolvimentos sobre a fermentação do cacau e qualidade do chocolate. *Agrotrópica*. 2(1):22-31.
- Senanayake, M, E. Jansz and K. Buckle. 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 74:42-48.
- Singleton, V, J. Rossi. 1965. Determination of tannins in wines. *J. Enology and viticulture*. 6(3):114.
- Statistical Analysis Systems (SAS). 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1028 p.
- Torres O, L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo. 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. *Agronomía Trop.* 54(4):481-495.
- Voigt J, H. Heinrichs, G. Voigt and B. Biehl. 1994. Cocoa-specific aroma precursors are generated by proteolytic digestion of the vicilin-like globulin of cocoa seeds. *Food Chem.* 50:177-184.

## INFLUENCIA DE VARIOS FACTORES SOBRE ÍNDICES FÍSICOS DEL GRANO DE CACAO EN FERMENTACIÓN<sup>1</sup>

### INFLUENCE OF SEVERAL FACTORS ON PHYSICAL INDEXES OF COCOA SEEDS IN FERMENTATION<sup>1</sup>

Ligia Ortiz de Bertorelli\*, Gervaise Rovedas L.\* y Lucía Graziani de Fariñas\*

<sup>1</sup> Trabajo financiado por FUNDACITE Aragua y FONACIT

\* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Apto. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: ortiz@agr.ucv.ve, ortiz141@cantv.net

#### RESUMEN

Este estudio consistió en determinar el efecto del tiempo de fermentación, tipo de cacao, *Theobroma cacao* L., almacenamiento del fruto y frecuencia de remoción de la masa (semillas y pulpa) sobre índices físicos del grano durante la fermentación del cacao. Frutos de los tipos criollo y forastero de Cumboto (Aragua) fueron fermentados recién cosechados (AM1) y a los 5 d de la recolección (AM2). El proceso fermentativo se efectuó en cajas de madera por 5 d y la masa fue removida con distintas frecuencias: cada 24 horas, cada 48 h y sin remoción (SR). La temperatura de fermentación fue medida diariamente y los índices de fermentación (ÍF) y de hinchamiento (ÍH) a los 0, 2 y 5 d del proceso. Los resultados indicaron que durante el proceso fermentativo la temperatura aumentó, alcanzando su máximo valor el día 2 y luego descendió hasta valores próximos a la temperatura ambiente. Igualmente los ÍF y de ÍH se incrementaron, obteniéndose los índices más altos en el día 5. En cuanto al tipo y almacenamiento del cacao se observó que la temperatura más elevada, así como los mayores ÍF y ÍH les correspondieron al cacao criollo y al cacao AM2. En cambio, al variar la frecuencia de remoción sólo se alcanzaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en el ÍH del cacao fermentado sin remoción, el cual mostró el mayor valor. En conclusión, los factores evaluados influyeron sobre el proceso fermentativo del cacao, obteniéndose una fermentación más acelerada cuando el cacao es almacenado antes de la fermentación.

**Palabras Clave:** *Theobroma cacao* L.; frecuencia de remoción; almacenamiento del fruto; temperatura de fermentación; índices físicos.

#### SUMMARY

This study was carried out to evaluate the effect of fermentation time, cacao type, fruit storage and turning time on some physical indexes of the bean during the fermentation process. Fruits of the types criollo and forastero from Cumboto (Aragua) were fermented freshly harvested (AM1) and 5 days after harvesting (AM2). Fermentation was done in wooden boxes for 5 days with turning times of 24 and 48 hours as well as no movement of fermentating mass (SR) at whole. The fermentation temperature was measured in a daily base and the indexes of fermentation (IF) and of swelling (IH) were measured at 0, 2 and 5 days after the beginning of the fermentation process. The results shown that during the fermentation process the temperature increased and reached its maximum value at the second day and then it decreased to values close to ambient temperature. The fermentation and swelling indexes also increased, reaching a maximum on day 5. Related to the type of cacao and storage treatment, we found that the highest temperatures as well as the highest values of IF and IH corresponded to the criollo variety and to the AM2 storage treatment. Related to the turning time, only significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were found for the IH index value, with the highest value where there were not movement during the fermentation process. In conclusion, the factors evaluated in this work influenced the fermentation process, and the storage of the beans before fermentation induced a faster fermentation process.

**Key Words:** *Theobroma cacao* L.; turning time; storage cocoa fruits; fermentation temperature; physical indexes.

## INTRODUCCIÓN

La fermentación es una fase indispensable en el beneficio del cacao, *Theobroma cacao* L., ya que en ella se desarrollan los precursores del aroma y sabor a chocolate. Esta etapa es afectada por el tipo de cacao (Braudeau, 1970; Lemus *et al.*, 2002), tiempo de almacenamiento del fruto o mazorca antes de la apertura y el desgrane (Barel, 1987; Dias y Ávila, 1993; Portillo *et al.*, 2005; Schwan *et al.*, 1990; Torres *et al.*, 2004), así como por el método de fermentación empleado, dependiendo del tipo de fermentador usado (Contreras *et al.*, 2004; Graziani de Fariñas *et al.*, 2003; Portillo *et al.*, 2005), tiempo del proceso y frecuencia de remoción de la masa fermentante (semillas y pulpa), entre otros (Portillo *et al.*, 2005; Puziah *et al.*, 1998; Senanayake *et al.*, 1997; Schwan *et al.*, 1990), consecuentemente todos estos factores influyen sobre la calidad del producto final.

El tiempo de fermentación está relacionado con el tipo de cacao. El criollo fermenta más rápidamente que el forastero, tardando el primer tipo de cacao de 2 a 3 d y el segundo de 5 a 7 d. No obstante, las condiciones climáticas, el volumen de la masa y el método aplicado ejercen un papel importante sobre la duración del proceso y pueden causar grandes variaciones (Braudeau, 1970), por lo que es conveniente establecer en campo el tiempo adecuado.

Se ha observado que el almacenamiento de los frutos de cacao por varios días después de la cosecha realza el sabor (Samah *et al.*, 1993a). Esta demora en el desgrane favorece la hidrólisis de la pulpa y reduce la acidez del cacao (Barel, 1987), así mismo promueve bajos niveles de ácido láctico, ácidos volátiles y ácidos totales libres (Dias y Ávila, 1993) y un incremento de los taninos en el cotiledón (Torres *et al.*, 2004). Al retardar el desgrane, la fermentación es acelerada debido a que la temperatura se incrementa más rápidamente, dependiendo dicho incremento del tiempo de almacenamiento de la mazorca (Barel, 1987), de manera que los valores de la temperatura serán más altos a medida que aumenta el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao. Sin embargo, se ha notado que un ascenso lento de la temperatura es importante para obtener un mejor potencial del sabor, ya que se forma menos cantidad de ácido acético, el cual en concentraciones moderadas puede difundir lentamente dentro de los granos sin causar una sobre acidificación (Biehl *et al.*, 1985), por lo tanto no es conveniente almacenar la mazorca por mucho tiempo.

Igualmente se ha detectado que a medida que aumenta el tiempo entre la cosecha y el desgrane del fruto se

incrementa la posibilidad de una sobre-fermentación, por lo que se recomienda reducir el tiempo de fermentación cuando la proporción de mazorcas desgranadas tardíamente es alta (Torres *et al.*, 2004).

En cuanto a la remoción de la masa durante la fermentación del cacao, se ha encontrado que ejerce un efecto significativo sobre los precursores del sabor (Puziah *et al.*, 1998). Al remover la masa fermentante se incrementa la aireación, lo que conlleva a una regulación de la acidez del producto y de la velocidad del proceso fermentativo, ya que el desarrollo de la temperatura y de la acidez dependen de la aireación de la masa en fermentación. Además, la remoción impide la aglomeración de los granos y el consecuente desarrollo de hongos en la superficie y en las esquinas de los fermentadores (Senanayake *et al.*, 1997). Ahora bien, la frecuencia de remoción de la masa puede alterar la apropiada secuencia microbiana durante la fermentación y provocar la aparición de metabolitos que, al difundirse por el interior de los cotiledones, pueden afectar la calidad del producto final (Schwan *et al.*, 1990), por lo que es importante el control de dicho factor.

En la zona norte costera del estado Aragua, el manejo post cosecha del cacao varía de un lugar a otro y depende de la experiencia del productor. En dicha zona, específicamente en Cumboto y Cuyagua, la cosecha es efectuada, comúnmente, entre el lunes y el jueves para acumular un número conveniente de frutos, y los viernes es realizado el desgrane de la mazorca y la fermentación de la masa de cacao, siendo ejecutado este último proceso por 5 ó 7 días sin considerar el tipo ni el tiempo de almacenamiento de los frutos, afectando así la calidad del producto final (Graziani de Fariñas *et al.*, 2002).

Por lo que el objetivo de este estudio consistió en determinar el efecto del tiempo de fermentación, tipo de cacao, almacenamiento del fruto y frecuencia de remoción de la masa fermentante sobre la temperatura de fermentación, índice de fermentación, índice de hinchamiento y relación l/e durante la fermentación del grano de cacao de Cumboto (Aragua), ya que estos índices físicos son indicativos de la calidad y están relacionados con los factores en estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en frutos (mazorcas) de cacao tipo criollo y tipo forastero de la localidad de Cumboto, ubicada en la Región Central del municipio Costa de

Oro, estado Aragua. Esta zona presenta una precipitación anual de 467 a 988,5 mm anuales, con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso, una temperatura media anual de 25,76 °C y una humedad relativa promedio de 68% (Monagas, 1995; FUNDACITE-Aragua, 2008).

En la identificación de los árboles se aplicaron algunos de los descriptores taxonómicos señalados por Bekele (1994) y en la determinación del grado de madurez de los frutos se tomaron en consideración los criterios utilizados por González *et al.* (1999).

Para el establecimiento del ensayo se usó un diseño completamente aleatorizado con 3 observaciones y un arreglo factorial mixto 22x3x6, en los cuales los factores evaluados fueron: tipo de cacao (Criollo y forastero), almacenamiento de la mazorca (0 y 5 d), frecuencia de remoción (0, cada 24 y cada 48 h) y tiempo de fermentación (0, 1, 2, 3, 4 y 5 d).

Para el proceso se cosecharon al azar 300 mazorcas sanas y maduras de cada tipo de cacao, las cuales fueron divididas en 2 lotes: el lote 1 fue desgranado y fermentado recién cosechado (AM1) y el lote 2 a los 5 d de almacenado (AM2). La fermentación fue realizada en Cumboto por 5 d y el proceso, similar para ambos lotes de los 2 tipos de cacao, se hizo en cajas cuadradas (15x15x15cm) de madera saqui-saqui, *Bombacopsi quinata* (Jacq) Dugan, siguiendo la técnica señalada por Graziani de Fariñas *et al.* (2003). En el proceso de fermentación se aplicaron diferentes frecuencias en la remoción (FR) de la masa fermentante: cada 24 h (C/24h), cada 48 h (C/48h) y sin remoción (SR).

La temperatura se midió en el centro de la masa de cacao, a 5cm de la superficie, a la misma hora todos los días de la fermentación, utilizando un termómetro calibrado de 0 a 100 °C con una apreciación de  $\pm 0,1$  °C. A los 0, 2 y 5 días de transcurrido el proceso fermentativo fueron medidos el índice de fermentación (ÍF), con el uso de la técnica descrita por Graziani de Fariñas *et al.* (2003) y el de hinchamiento (ÍH), según la metodología usada por Barel (1987), además se calculó la relación l/e, donde l correspondió al largo del grano y e al espesor.

A los resultados obtenidos se les verificó el cumplimiento de los supuestos del análisis estadístico y luego se les aplicó un análisis de varianza, vía paramétrica (2 vías), y una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan, mediante el paquete estadístico SAS (1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tiempo de fermentación

El análisis de varianza de los índices físicos reveló diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variación tiempo de fermentación (TF) y sólo para la interacción TFxAM, indicando el predominio del efecto principal, razón por la cual se consideró este efecto en la interpretación de los resultados. En dichos resultados, la prueba de Duncan detectó variaciones, a un nivel de probabilidad del 5%, entre los valores de la temperatura (Cuadro 1), ÍF y de ÍH y en la relación l/e durante la fermentación (Cuadro 2).

**CUADRO 1.** Temperatura promedio del cacao durante la fermentación.

Días de fermentación	Temperatura (°C)
0	31,02d
1	39,99b
2	41,22a
3	33,99c
4	33,98c
5	31,19d

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

En el transcurso del proceso fermentativo, la temperatura aumentó hasta el día 2 para luego descender y alcanzar valores próximos a la temperatura ambiente en el día 5, siendo más pronunciado dicho descenso en el día 4 (Cuadro 1). Este aumento de la temperatura, producto de las reacciones exotérmicas relacionadas con la aireación y la actividad microbiana (Samah *et al.*, 1993b; Senanayake *et al.*, 1997), es importante porque influye sobre la muerte del embrión, condición necesaria para que se inicien las reacciones enzimáticas que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate (Braudeau, 1970).

Durante el proceso fermentativo se desarrollan levaduras que ocasionan una fermentación alcohólica de la pulpa, siendo los azúcares transformados en alcohol, el cual luego es oxidado a ácido acético por acción de las bacterias acéticas. Esta reacción es altamente exotérmica y es la causa principal de la elevación de la tempe-

ratura en el proceso (Samah *et al.*, 1993a; Senanayake *et al.*, 1995). En tanto que el posterior descenso de la temperatura es producto de la inactivación de la microflora al alcanzar, dicha variable, valores cercanos a los 40 °C (Senanayake *et al.*, 1995).

**CUADRO 2.** Índices físicos promedios del cacao durante la fermentación.

Índices	Días de fermentación		
	0	2	5
Índice fermentación (%)	6,39c	56,11b	99,58a
Índice hinchamiento (mm)	118,66c	131,60b	140,88a
Relación l/e	2,64a	2,48b	2,26c

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Con relación al día en que la temperatura alcanza su máximo valor, la bibliografía señala resultados diversos. En investigaciones anteriores sobre cacao tipo forastero de la zona norte costera del estado Aragua, se detectaron máximos de temperatura en el día 3 de la fermentación del cacao desgranado recién cosechado (Lemus *et al.*, 2002; Contreras *et al.*, 2004), así como en el cacao desgranado 5 d después de la cosecha (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2004), y en el día 2 en cacao desgranado recién cosechado (Torres *et al.*, 2004). Así mismo, Portillo *et al.* (2005) en sus estudios sobre el cacao porcelana del sur del Lago de Maracaibo, obtuvieron un máximo de temperatura a los 3 d de la fermentación en cajones cuadrados. En cambio, Senanayake *et al.* (1995) encontraron los más altos niveles de temperatura al 4to d de la fermentación del cacao forastero de Sri Lanka desgranado 24 h después de cosechado.

Respecto al ÍF se detectó un incremento a medida que transcurrió el proceso fermentativo, alcanzando 56,11% en el día 2 y 99,58% en el día 5 (Cuadro 2). Un ÍF de aproximadamente 60% ha sido considerado como óptimo en la fermentación (Barel, 1987), de modo que el valor presentado en el día 5 del proceso es muy alto, indicando que posiblemente ocurrió una sobrefermentación de los granos, en la que éstos se tornan de color pardo oscuro o negro (Rohan, 1964). Por lo tanto para evitar este problema, detectado también en trabajos

previos (Graziani de Fariñas *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2004), es recomendable disminuir el tiempo de fermentación cuando se almacenan las mazorcas.

El aumento del ÍF es producido por el oscurecimiento de los granos a medida que transcurre la fermentación, en la cual, las antocianinas son hidrolizadas y las agliconas resultantes son oxidadas a compuestos quinónicos que contribuyen al color pardo característico del cacao fermentado. Las principales modificaciones del color, que se presentan en el día 2 del proceso, son debidas a la inversión de la relación antocianinas monómeros/polímeros amarillos y pardos, ocurriendo poca evolución del color a partir del día 4 (Cros *et al.*, 1982).

En la fermentación del cacao porcelana, Portillo *et al.* (2005) obtuvieron un 49,50% de almendras fermentadas a los 2 d del proceso, y Contreras *et al.* (2004) un 38% al fermentar el cacao forastero en cajas de madera, valores inferiores al de este estudio.

Durante el proceso fermentativo, el ÍH se incrementó hasta el final del proceso (Cuadro 2), coincidiendo con estudios realizados con anterioridad (Lemus *et al.*, 2002; Contreras *et al.*, 2004), en los que fue detectado un aumento más pronunciado del ÍH en el día 2.

El incremento en el ÍH es causado por las transformaciones bioquímicas que ocurren en el interior de los cotiledones, las cuales ocasionan una hinchazón de los granos (Braudeau, 1970). Estas modificaciones son debidas a que la penetración del ácido acético y el ascenso de la temperatura, destruyen la semipermeabilidad de las membranas de las células. Esto causa una separación del cotiledón de la testa y variación del color del tejido, el cual se vuelve progresivamente pardo y finalmente pardo canela. Todo el tejido del cotiledón, incluso la radícula y la plúmula se colorean de un tono púrpura uniforme y los granos toman un color rojizo, se llenan de jugo color púrpura y se hinchan (Rohan, 1964). Esta hinchazón de los granos permite inferir visualmente como se está llevando a cabo la fermentación, estando directamente relacionado el ÍH con el proceso fermentativo (Barel, 1987).

En cuanto a la relación l/e se encontró que decreció en el proceso, de manera que el mayor valor correspondió a los cero días (Cuadro 2). La disminución de esta relación es ocasionada por el aumento del espesor del grano por la absorción de líquidos durante el proceso fermentativo.

### Tipos de cacao

Con respecto al tipo de cacao (TC), el análisis estadístico indicó la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) en todas las variables estudiadas, predominando el efecto principal TC sobre las interacciones, efecto sobre el cual se basó la discusión de los resultados.

Al aplicar la prueba de medias de Duncan a los índices en estudio, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tipos de cacao (Cuadro 3), presentando el criollo la temperatura más alta. La máxima temperatura y el tiempo de fermentación están correlacionados con el tipo de cacao, de manera que el criollo, cacao fino, se fermenta más rápidamente que el forastero, cacao de inferior calidad (Braudeau, 1970). Sin embargo, en investigaciones previas realizadas en cacaos de la costa de Aragua, no se detectó variación entre las temperaturas alcanzadas por estos 2 tipos de cacao, lo cual fue atribuido a la heterogeneidad de las poblaciones de este cultivo en la zona (Lemus *et al.*, 2002).

**CUADRO 3.** Índices físicos promedios del cacao tipos criollo y forastero en fermentación.

Índices	Tipos cacao	
	Criollo	Forastero
Temperatura (°C)	37,04a	35,44b
Índice fermentación (%)	56,20a	51,85b
Índice hinchamiento (mm)	135,26a	125,30b
Relación l/e	2,36b	2,56a

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Al cacao criollo también le correspondió el ÍF más alto, resultado coincidente con lo señalado en la literatura, según la cual para un mismo tiempo de fermentación, el ÍF del cacao criollo es superior al del forastero (Braudeau, 1970). Esto es debido a que existe una relación directa entre los días de fermentación y la proporción de pigmentos en las semillas, de manera que el cacao criollo, que es poco pigmentado, requiere menos tiempo de fermentación que el forastero, cacao cuyas semillas son de color púrpura (Rohan, 1964).

El ÍH fue mayor en el criollo que en el forastero, comportamiento, igualmente, observado por Lemus *et al.* (2002), quienes, además, encontraron valores inferiores a los de este estudio en ambos cacaos. El ÍH está relacionado con el largo y espesor de los granos (Barel, 1987), por lo tanto depende del tipo de cacao, ya que las características de las semillas difieren entre ellos; las del tipo criollo fueron grandes y redondas, en cambio las del forastero aplanadas y más pequeñas, estas diferencias en el tamaño y forma de las semillas de cacao, también ha sido señalada por otros investigadores (Braudeau, 1970; Angulo *et al.*, 2001). Del mismo modo, la relación l/e se corresponde con las características del grano, por lo que fue menor en el criollo, dado el mayor tamaño y espesor de los granos de este cacao.

### Almacenamiento del fruto

El análisis de varianza de los índices físicos detectó diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la interacción TFXAM y para el efecto principal AM, siendo este último relevante y por consiguiente considerado en los resultados, en los cuales la prueba de Duncan reveló variaciones a un nivel de probabilidad de 5% entre los valores de todas las variables evaluadas de los cacaos con y sin almacenamiento (Cuadro 4).

Respecto a la temperatura se observó que el cacao fermentado 5 d después de cosechado alcanzó el valor más alto, lo que podría atribuirse a una cierta prefermentación ocurrida en el interior de la mazorca, como es sugerido por la existencia de granos marrones al momento del desgrane del fruto almacenado, granos que, asimismo, fueron encontrados en estudios anteriores sobre cacao (Torres *et al.*, 2004).

**CUADRO 4.** Índices físicos promedios del fruto fresco y almacenado del cacao en fermentación.

Índices	Almacenamiento	
	0 días (AM1)	5 días (AM2)
Temperatura (°C)	34,84b	37,53a
Índice fermentación (%)	44,17b	63,89a
Índice hinchamiento (mm)	128,95b	131,61a
Relación l/e	2,51a	2,41b

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Estos resultados revelaron que el almacenamiento del fruto antes de la fermentación favoreció el incremento de la temperatura, ejerciendo un efecto beneficioso señalado en estudios previos (Torres *et al.*, 2004), así como por varios investigadores (Barel, 1987; Dias y Avila, 1993; Portillo *et al.*, 2005; Samah *et al.*, 1993a), quienes notaron que el almacenamiento de la mazorca antes del desgrane y fermentación origina aumentos más bruscos y máximos superiores de la temperatura durante el proceso fermentativo.

Con relación al ÍF, el cacao AM2 presentó el valor más alto, lo que puede deberse a la presencia de granos marrones antes de la fermentación en este último cacao, granos que no fueron encontrados en el cacao AM1; así como también a que en la fermentación del cacao almacenado se alcanzaron temperaturas más elevadas durante el proceso, lo cual es determinante para el desarrollo de las reacciones que ocasionan el oscurecimiento del cotiledón (Braudeau, 1970; Rohan, 1964). Además, la rápida elevación de la temperatura favorece la descomposición de las células de los cotiledones, promoviendo el proceso fermentativo (Rohan, 1964), tal como lo indica el mayor ÍF obtenido en el cacao AM2, concordando con varios investigadores (Barel, 1987; Dias y Ávila, 1993; Portillo *et al.*, 2005), quienes observaron un proceso más acelerado cuando el cacao fue almacenado antes de la fermentación.

El almacenamiento de la mazorca permite obtener, más rápidamente, una proporción aproximada al 60% de granos marrones en el proceso fermentativo, encontrando Barel (1987) los mejores resultados cuando el desgrane y la fermentación se realizaron a los 6 días de cosechada la mazorca (Barel, 1987). Por su parte, Portillo *et al.* (2005) obtuvieron un ÍF de 56,2% en el cacao porcelana almacenado por 5 d, valor inferior al promedio alcanzado en este estudio.

En el ÍH, se observó que el mayor valor lo presentó el cacao almacenado antes de la fermentación, resultado similar al obtenido por Barel (1987) en el estudio del efecto del retraso en el desgrane sobre la fermentación de cacaos de Costa de Marfil.

El mayor ÍH del cacao AM2 puede atribuirse al mayor espesor que presentaron los granos al inicio del proceso por la absorción de líquidos liberados en la prefermentación que experimentó durante el almacenamiento, por lo que en consecuencia, a este cacao le correspondió la menor relación l/e.

### Frecuencia de remoción de la masa

En cuanto a los resultados obtenidos al fermentar con distintas frecuencias de remoción, el análisis de varianza determinó diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) sólo para el efecto principal FR en las variables ÍH y relación l/e, mientras que ninguna de las interacciones fueron significativas, por lo tanto se analizó dicho efecto. En el ÍH, la prueba de medias de Duncan mostró que en el cacao fermentado sin remover la masa, este índice difirió a un nivel de significación del 5% de los cacaos fermentados con distintas frecuencias de remoción (Cuadro 5). Igualmente, la relación l/e varió con la frecuencia de remoción, presentando el menor valor el cacao removido cada 24 horas.

**CUADRO 5.** Índices físicos promedios del cacao en fermentación con distintas frecuencias de remoción de la masa.

Índices	Frecuencia de remoción		
	SR	C/ 24 h	C/ 48 h
Temperatura (°C)	36,44a	36,11a	36,13a
Índice fermentación (%)	54,17a	52,92a	55,00a
Índice hinchamiento (mm)	131,63a	129,50b	29,69b
Relación l/e	2,48a	2,42b	2,49a

Letras distintas en filas indican diferencias significativas al 5%.

Se ha comprobado que la frecuencia en la remoción de la masa ocasiona una mayor aireación que propicia el desarrollo de microorganismos aeróbicos, cuyo metabolismo es generador de reacciones exotérmicas, lo cual, consecuentemente, causa un aumento más rápido de la temperatura (Dias y Ávila, 1993; Puziah *et al.*, 1998; Schwan *et al.*, 1990; Senanayake *et al.*, 1997). Sin embargo, los resultados de este estudio revelaron que la frecuencia de remoción no afectó la temperatura de fermentación, probablemente por el volumen de masa en fermentación, ya que se ha señalado que para volúmenes pequeños no es necesario la remoción (Rohan, 1964). Así mismo, los resultados obtenidos indicaron que la frecuencia de remoción no influyó sobre el ÍF, lo que al igual que en la temperatura, podría explicarse por el volumen de masa usado. En tanto que el ÍH no difirió entre los cacaos que fueron removidos

con distintas frecuencia durante la fermentación, pero los valores si se diferenciaron del cacao fermentado sin remover la masa, el cual mostró el mayor índice.

Sobre la base de estos resultados se puede concluir que el tiempo de fermentación, el tipo de cacao y el almacenamiento del fruto influyen sobre el proceso fermentativo del cacao, obteniéndose una fermentación más acelerada cuando el cacao es almacenado antes de la fermentación. En cambio, la frecuencia de remoción de la masa fermentante sólo afectó el ÍH, cuyos valores fueron ligeramente más altos en el cacao fermentado sin remover la masa.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la técnico Boni Escorche y al señor Rafael Osorio, la colaboración prestada.

### BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, J., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y P. Parra. 2001. Caracterización física de la semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo, forastero amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, estado Aragua. *Agronomía Trop.* 51(2):203-219.
- Barel, M. 1987. Délai d'écabossage. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. *Café Cacao The.* 31(2):141-150.
- Bekele, F., A. Kennedy, Mc David, F. Lauckner and I. Bekele. 1994. Numerical taxonomic studies on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. *Euphytica.* 75(39):231-240.
- Biehl, B., E. Brunner, D. Passern, L. Quesnel and D. Adomako. 1985. Acidification, Proteolysis and flavour potential in fermenting cocoa beans. *J. Sc. Food Agric.* 36:583-598.
- Braudeau, J. 1970. El Cacao. Primera edición. Editorial BLUME. Barcelona, España. 292 p.
- Contreras, C., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas y P. Parra. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Trop.* 54(2):219-232.
- Cros, E., F. Villeneuve et J. Vincet. 1982. Recherche d'un indice de fermentation du cacao. Evolution des tanins et des phénols totaux de la féve. *Café Cacao The.* 26(2):104-114.
- Dias, J. e M. Avila. 1993. Influência do período de pós-colheita do fruto, sistema de revolvimento da massa e tempo de fermentação sobre a acidez do cacao. *Agrotrópica.* 5(2):25-30.
- Fundacion para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnologia en el Estado Aragua (FUNDACITE-Aragua). 2008. El cacao y su gente. Consulta on line. [www.fundacitearg.gob.ve](http://www.fundacitearg.gob.ve). Consulta realizada el 01/06/2008.
- González, F., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas y E. Monteverde- Penso. 1999. Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 25(2):159-171.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli y P. Parra. 2002. Características físicas, químicas y estudio del manejo postcosecha de tipos de cacao existentes en la zona cacaotera de Cumboto, estado Aragua. Informe Técnico final. FUNDACITE, Aragua. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, UCV. 196p.
- Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli, N. Álvarez y A. Trujillo de Leal. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop.* 53(2):175-187.
- Lemus, M., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo de Leal. 2002. Efecto del mezclado de cacao tipos criollo y forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. *Agronomía Trop.* 52(1):45-58.
- Monagas, O. 1995. Estudio socio económico y agronomico de los productores y las parcelas agrícolas de la población de Cumboto, Municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 64 p.

- Portillo, E., L. Graziani de Fariñas y E. Betancourt. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L) en el sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22;394-406.
- Puziah, H., S. Jinap, M. Kharidah and A. Asbi. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. J. Sci. Food Agric. 78:543-550.
- Rohan, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.
- Samah, A., N. Ibrahim, H. Alimon and M. Abdul Karim. 1993a. Fermentation studies of stored cocoa beans. World J. Microbiol. Biotechn. 9:603-604.
- Samah, A., N. Ibrahim, H. Alimon and M. Abdul Karim. 1993b. Comparative studies on fermentation products of cocoa beans. World J. Microbiol. Biotechn. 9:381-382.
- Schwan, R., A. Lopez, D. Silva e M. Vanetti. 1990. Influência da frequência e intervalos de revolvi-mentos sobre a fermentação do cacau e qualidade do chocolate. Agrotrópica. 2(1):22-31.
- Senanayake, M., E. Jansz and K. Buckle. 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. J. Sci. Food Agric.69:461-465.
- Senanayake, M., E. Jansz and K. Buckle. 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. J. Sci. Food Agric.74:42-48.
- Statistical Analysis Systems. SAS. 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1.028 p.
- Torres, O., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo. 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. Agronomía Trop. 54(4):481-495.

## EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA THIAMETHOXAM 25% PARA EL MANEJO DEL INSECTO SOGATA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN CALABOZO, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA

## EVALUATION OF INSECTICIDE THIAMETHOXAM 25% FOR THE CONTROL OF THE SOGATA INSECT IN THE CULTURE OF RICE IN CALABOZO GUARICO STATE, VENEZUELA

Luis E. Vivas\*, Dilia Astudillo\*\* y Luis Campos\*\*

\* Investigador. Centro de investigaciones Agrícolas del Guárico, INIA-Calabozo, estado Guárico, Venezuela. E-mail: lvivas@inia.gov.ve

\*\* Investigadores. AgroRiesgo, Calabozo, estado Guárico, Venezuela.

### RESUMEN

Se realizaron ensayos en campos de arroz con riego ubicados en parcelas del Sistema de Riego Río Guárico (S.R.R.G.) y en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Guárico, estado Guárico, Venezuela entre los años 2003 a 2006. El objetivo de este trabajo fue evaluar el grado de eficacia de varias dosis del insecticida thiamethoxan y los productos comerciales ethopphenprox 10,9% EC y monocrotophos 600 SL para el control del insecto, *Tagosodes orizicolus* Muir (1926) (Homoptera: Delphacidae). Se probó el producto thiamethoxan 25% WC a 3 dosis mostrando los resultados de la prueba de insecticidas para el control de *T. orizicolus*, para ello, fueron efectuados 6 tratamientos con 4 repeticiones; un diseño de bloques al azar y para determinar el grado de eficacia se utilizó la fórmula de Abbot corregida. Los mejores resultados fueron con thiamethoxan a las dosis de 100 i. a y 75 g ha<sup>-1</sup>, los cuales presentaron grados de eficacia por encima del 77%. Se señala la información de la prueba comercial del insecticida thiamethoxan 25% a la dosis de 100 g ha<sup>-1</sup>, para el control del insecto *T. orizicolus* en las parcelas 590 y potrero 15 (INIA) del S.R.R.G en Calabozo, municipio Francisco de Miranda, estado Guárico, Venezuela. Las evaluaciones se realizaron a las 24 horas, 7 y 14 días después de aplicado el producto, se consiguió un promedio de 82% de control del insecto en ambas parcelas. Se describe la metodología y forma de evaluar al insecto bajo condiciones de campo en el cultivo de arroz.

**Palabras Clave:** *Oryza sativa*; arroz; control químico; manejo de plagas; insecto sogata; *Tagosodes orizicolus* Muir.

### SUMMARY

Studies were carried out in rice fields located at the Río Guárico Irrigation System (R.G.I.S.) and within the Guárico Experimental Station in Calabozo, Venezuela since 2003 to 2006. The goal was to evaluate the degree of effectiveness of 3 doses of the insecticide thiamethoxan and the commercial products ethopphenprox 10.9% EC and monocrotophos 600 SL to control *Tagosodes orizicolus* Muir (1926) (Homoptera: Delphacidae). In total there were 6 treatments in a factorial experiment completely random design with four replications to determine the degree of effectiveness using a formulation from Abbot's corrected. We found that the thiamethoxan 25% (100 i.a and 75 g ha<sup>-1</sup>), had an effectiveness over 77%, and was the best of the evaluated treatments. We also shown the information of the commercial test of the insecticide (thiamethoxan 25%) with the commercial dose of 100 g ha<sup>-1</sup>, for control of the sogata insect, in the farm 590 and 15 (INIA) of R.G.I.S in Calabozo Miranda County. The evaluations were made at the 24 hours, and 7 and 14 days after applied the product, and we found an average of 82% of control of sogata planthopper in both farms. We also described the methodology and forms to evaluate the sogata insect under field conditions in rice agrosystems.

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

RECIBIDO: octubre 07, 2008

ACEPTADO: diciembre 01, 2008

## INTRODUCCIÓN

Anualmente en Venezuela, se siembran alrededor de 150 000 hectáreas de arroz, *Oryza sativa*, concentrándose la siembra en dos períodos: el lluvioso en los Llanos Occidentales y el seco en los Llanos Centrales en el área de Calabozo (Salas, 1991, 1994; Aponte *et al.*, 1992; Sánchez, 1995; Vivas, 1992, 1997; Vivas *et al.*, 2002, 2007).

Los insectos plagas que afectan al arroz son muy similares en todas las zonas productoras del país. Dentro del complejo de plagas que afectan al arroz destacan el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), la sogata, *Tagosodes orizicolus* Muir (Homoptera: Delphacidae) y los chinches, *Oebalus* sp. y *Tibraca* sp. (Hemiptera: Pentatomidae), (Aponte, 1990; FONAIAP, 1991, 1994, 1997; Vivas 1997, 1999, 2002). En el estado Guárico los daños se incrementan por la presencia de *T. orizicolus*, puesto que se encuentra relacionada con la enfermedad viral "Hoja Blanca" y en altas poblaciones provoca daño mecánico al cultivo, generando grandes pérdidas en rendimiento entre 20 a 30% (Castillo, 1978; Aponte *et al.*, 1992, 1997; Vivas y Clavijo, 2000; FONAIAP, 1994, 1997; Vivas 2002; Vivas *et al.*, 2007).

Se han realizado diversos trabajos para la determinación de la eficacia de productos químicos y biológicos con el objeto de controlar las plagas que afectan al cultivo de arroz, sobre todo, en insectos tan importantes como *T. orizicolus*. Así, se encuentran los trabajos de la Red del Mejoramiento de Arroz para el Caribe (1991) y los realizados en Cuba por Meneses *et al.* (1995, 1997). Del mismo modo, Tascón y García (1985); Weber (1986); Anónimo (1988); CIAT (1989); Pantoja (1997) y Meneses *et al.* (2005) en Colombia; Heinrichs *et al.* (1985) en Filipinas, Infoagro (1998) en España; Blanco y González (1974) y Vivas *et al.* (2007) en Venezuela.

De la misma manera en Colombia; Novartis (1999) cita el producto, para el control de *T. orizicolus*, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae) y para el chinche, *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae), con dosis entre 25 a 200 g ha<sup>-1</sup> del producto comercial y Meneses *et al.* (2005) a la dosis de 100 g ha<sup>-1</sup> en el control del saltahoja sogata, mientras que Anzola (2007) en Venezuela e Infoagro (1999) para España, lo mencionan para el control de plagas en hortalizas, papa, tabaco, pimentón, algodón y en arroz a la dosis de 100 g ha<sup>-1</sup>.

Desde el año 1987, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Guárico, antiguo FONAIAP),

se han venido desarrollando estudios para el manejo de plagas que incluye la valoración de los principales productos químicos (carbamatos, fosforados y de nueva generación) y biológicos (*Bacillus thuringiensis*, Berliner) de las plagas que afectan al arroz (Vivas, 1997, 2003; Vivas y Clavijo, 2000; Vivas *et al.*, 2001; 2002; 2007).

El objetivo del trabajo fue evaluar el grado de eficacia de tres dosis del producto thiamethoxam 25% y los productos comerciales ethopphenprox 10,9% EC y monocrotophos 600 SL, para el control del insecto, *T. orizicolus* en campos de arroz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó la información procedente de observaciones de campo en siembras comerciales de arroz y en lotes del INIA-Guárico, ubicadas en la zona arrocería del Sistema de Riego Río Guárico (S.R.R.G.); realizada durante los ciclos de siembra de 2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006. La información climática fue suministrada por la sección de Climatología de la Estación Experimental Guárico ubicada en el kilómetro 28 de la carretera Nacional, vía Apure a 73 m.s.n.m, longitud 67° 30' y latitud 8° 52'.

En correspondencia a las condiciones climáticas se diferencian en la zona 2 períodos bien marcados, uno de sequía y otro de lluvia. El primero coincide con la quema de soca y pastos viejos y la preparación de tierra a mediados de noviembre, finalizando casi con la cosecha del grano en mayo. Durante el período de sequía se riega el cultivo y la humedad relativa ambiental es de aproximadamente 60%. El segundo período comienza en mayo con las lluvias que se prolongan hasta los primeros días de octubre; en este período la humedad relativa es superior al 75% (Vivas, 1997).

Entre las series de Suelos Predominantes destacan: a) Serie Calabozo, b) Serie Palmar, c) Serie Banco, y d) Serie Cachimbo. La serie predominante en donde se desarrollaron las pruebas se corresponden con las series Calabozo que presenta las siguientes características: franco arcilloso, arcillosos. Estos suelos prevalecen en las extensas sabanas que ocupan las zonas más bajas y sujetas a inundaciones o estancamiento de aguas prolongado. Se caracteriza por la textura pesada de sus horizontes, por el mal drenaje y tendencia al agrietamiento profundo durante el período seco y la serie Palmar con suelos: franco arcilloso, arcilloso. Estos suelos ocurren principalmente al pie de las sabanas altas y están sujetos a inundaciones intermitentes. Se caracterizan por la

textura pesada de sus horizontes y el drenaje impedido (Vivas, 1997; Vivas y Clavijo, 2000).

Se evaluaron las variedades: Fedearroz 50 y Cimarrón, las más cultivadas en la zona; dichos materiales presentan tolerancia al daño mecánico del insecto; la variedad Cimarrón presenta alta susceptibilidad al virus de la hoja blanca, mientras que Fedearroz 50 manifiesta moderada tolerancia. Además, se puede mencionar que presentan un ciclo muy parecido (Vivas, 1997, 2002; Vivas *et al.*, 2007).

Los conteos del insecto *T. orizicolus*, se realizaron a intervalos semanales; siguiendo los criterios propuestos por Vivas (1997); que consiste en realizar 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado. Se aplicaron los tratamientos cuando al inspeccionar el arroz se contabilizaron 15 a 20 adultos o ninfas de *T. orizicolus* por pase sencillo de malla; correspondiendo este valor con el umbral de acción de la plaga (Vivas, 1997, 2002, 2003; Vivas y Astudillo, 2005; Vivas *et al.*, 2007).

Para la aplicación de los insecticidas se utilizó una bomba de espalda, con un volumen de agua de 300 l ha<sup>-1</sup>. Posterior a la aplicación, se realizaron evaluaciones con el fin de determinar el efecto insecticida a las 24 h, luego a los 7, 14 y 21 d de aplicado el producto. La fecha de aplicación de los tratamientos para el ensayo 1: 22-02-2004 y para el ensayo 2: 25-02-2005. Mientras que las fechas de evaluación de los tratamientos para el ensayo 1 coincidieron con las fechas siguientes: 23-29-02-2004 y 07 y 14-03-2004 y para el ensayo 2: 26-02 y 05, 12 y 19-03-2005.

Además, se contaron, el número de arañas de los géneros Tetragnata (Araneae : Tetragnathidae) y *Argiope trifasciata* (Forsk., 1775), (Araneae: Araneidae) vaquitas depredadoras de la especie *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae), libélulas (Odonata: Zygoptera) y el número de adultos de *T. orizicolus* parasitadas.

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

Para el análisis estadístico, se utilizó el paquete computacional Statixtic (1990) y SAS (1985) en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, se probó el producto thiamethoxan 25% WC a tres dosis; los productos comerciales: ethopphenprox 10,9% EC y monocrotophos 600 SL y un testigo absoluto (Cuadro 1), para determinar el grado de eficacia de los insecticidas y el grado de

eficacia de los insecticidas, se empleó la fórmula corregida por Rosenhein y Hoy (1987). La cual aparece a continuación:

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

Igualmente, fue necesario modificar en los ensayos los datos originales del grado de eficacia insecticida a la transformación angular o arcoseno puesto que dichos datos estaban expresados como porcentaje, estos tienden a una distribución binomial, en vez de una distribución normal (Chacín, 1999; Little y Hills, 1976; Castañeda, 1981; Spiegel, 1992; Steel y Torrie, 1985).

Los ensayos (1 y 2) se realizaron en el potrero 16, del Centro de Investigaciones Agrícolas del INIA (Antiguo FONAIAP) en Calabozo, estado Guárico; en suelos pesados de la serie Calabozo. Se empleó la variedad Cimarrón. La preparación del terreno fue realizada en suelo seco.

El área experimental fue de 2 880 m<sup>2</sup>, con un tamaño de parcelas de 50 m<sup>2</sup> y separación entre parcelas e hileras de 1,5 m.

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

El equipo de aplicación fue una asperjadora de espalda y un volumen de agua de 300 l ha<sup>-1</sup>. El número de aplicaciones fue de una en cada ensayo. En el Cuadro 1, se observan los tratamientos y productos empleados en el ensayo.

La información climática fue suministrada por la sección de Climatología de la Estación Experimental Guárico ubicada en el kilómetro 28 de la carretera Nacional, vía Apure a 73 m.s.n.m., longitud 67° 30' y latitud 8° 52'.

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

La fitotoxicidad al cultivo se evaluó de la siguiente forma, se realizaron a las 24, 48 y 72 h post-aplicación, utilizando la escala visual de puntuación EWRS del 1 al 9 (Vivas *et al.*, 2007, tal como se observa en el Cuadro 2) .

**CUADRO 1.** Número de tratamientos, insecticida, ingrediente activo, formulación, concentración en g l<sup>-1</sup>, dosis de ingrediente activo en g ha<sup>-1</sup> y g o cc del producto por hectárea.

Trat.	Producto	Ingrediente activo	Formulación	Dosis		
				g l <sup>-1</sup>	(g i.a. ha <sup>-1</sup> )	g o cc ha <sup>-1</sup>
T1	Actara	Thiamethoxan	25% WC	250	0,20	50
T2	Actara	Thiamethoxan	25% WC	250	0,30	75
T3	Actara	Thiamethoxan	25% WC	250	0,40	100
T4	Trebón	Ethophenprox	10,9% EC	109	9,0	1 000
T5	INISAN	Monocrotofos	600 SL	600	2,5	1 500
T6	Evisect-S	Thiocyclan hidrogenoxalato	49,5% P.S.	500	0,6	300
TESTIGO ABSOLUTO		----	----	----	----	----

**CUADRO 2.** Escala visual con la puntuación EWRS y síntomas de intolerancia.

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

Por otro lado, se realizaron dos ensayos semicomerciales (ensayo 3), se seleccionaron dos fincas comerciales de arroz con riego para probar una dosis única del producto comercial thiamethoxan 25% a 100 g ha<sup>-1</sup>. Las parcelas fueron: 590 (Sector La Candelaria) y potrero 15 (INIA Guárico) del S.R.R.G; presentando suelos pesados de la serie Calabozo, cuyas características fueron dadas anteriormente. La variedad empleada para la parcela 590 fue Fedearroz 50 y en la parcela 173 la variedad Cimarrón. La preparación del terreno se realizó en suelo húmedo.

El procedimiento para cada parcela, se reseña a continuación: en la Parcela 590; fecha de siembra: 26-12-2004, la evaluación inicial el 27-01-2005, se aplicó el producto: 28-01-2005, en 15 h, se evaluaron 10 puntos, con la malla entomológica; 5 pases dobles de malla por punto muestreado, por cada evaluación. Se ejecutaron evaluaciones al primer día y a los 7 y 14 d, respectiva-

mente. A una dosis única (100 g ha<sup>-1</sup>). La aplicación en forma aérea.

En el potrero 15, se siguió similar metodología; con las siguientes características: Fecha de siembra: 19-12-2004. Evaluación inicial: 16-01-2005. Fecha de aplicación del producto: 17-01-2005. En 20 ha, se evaluaron 10 puntos empleando la malla entomológica; 5 pases dobles de malla por punto cada evaluación. Se realizaron evaluaciones a 24 h, 7 y 14 d; a una dosis única (100 g ha<sup>-1</sup>); la aplicación fue en forma aérea en el cultivo de arroz.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información de los lotes ubicados en el INIA-Guárico se presenta en el Cuadro 3. El umbral de acción para el insecto sogata debe ser igual o superior a los 15 adultos o ninfas del insecto por pase sencillo de malla, para una cultivo entre 25 a 30 d (Vivas, 1997, 2002, 2003; Vivas y Astudillo 2005); se obtuvo un valor de 15,4 adultos de *T. orizicolus* con la toma de 10 muestras (Cuadro 3), momento en el cual se aplicaron los tratamientos.

En el Cuadro 4, se aprecia el número promedio de adultos del insecto *T. orizicolus*, con esta información se estimó el grado de eficacia por cada tratamiento presentados en los Cuadros 5 y 6.

Para el análisis estadístico fue necesario modificar los datos del Cuadro 5 a la transformación angular o arcoseno, la información de los datos transformados se puede observar en el Cuadro 6.

**CUADRO 3.** Evaluación previa a la aplicación. Promedio de un pase sencillo de malla entomológica por punto muestreado de adultos de *T. orizicolus*. Lotes INIA-Guárico. Ciclos: 2003 - 2004 y 2004 - 2005(\*)

Evaluación(Puntos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PromedioGeneral
PromedioDeInsectos	12	15	18	25	12	12	13	17	16	14	15,4

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

**CUADRO 4.** Captura promedio de *T. orizicolus*. Lotes del INIA-Guárico. Ciclos 2003-2004 y 2004-2005(\*)

Tra / Evaluación	24 horas	7 días	14 días	21 días
T1	2,5	2,75	4,0	5,25
T2	1,5	2,75	3,25	2,75
T3	1,0	2,0	3,0	3,5
T4	2,0	4,75	3,25	5,0
T5	1,5	6,25	6,0	12,75
T6	4,5	7,25	7,0	14,5
T7	6,8	13,5	12,8	20,25

(\*) Datos promedios de dos ciclos de siembra.

**CUADRO 5.** Grado de eficacia de los insecticidas para los tratamientos en adultos de *T. orizicolus*. Producto de cuatro evaluaciones y promedio de cuatro repeticiones Lotes del INIA-Guárico. Ciclos 2003-2004 y 2004-2005(\*)

Tra/Re (*)	24 horas	7 días	14 días	21 días	Promediogeneral
T1	62,25	78,75	69,00	73,75	70,937
T2	77,25	78,75	74,00	80,00	77,375
T3	85,75	84,25	75,75	83,50	82,312
T4	71,00	74,00	74,50	75,50	73,750
T5	75,75	52,25	63,50	47,50	59,750
T6	42,00	52,00	39,00	42,00	43,750

(\*) Datos originales, Datos promedios de dos ciclos de siembra

**CUADRO 6.** Grado de eficacia de los insecticidas para los tratamientos en adultos de *T. orizicolus*. Producto de cuatro evaluaciones y promedio de cuatro repeticiones. Lotes del INIA-Guárico. Ciclos 2003-2004 y 2004-2005.

Tra/Re (+)	24 horas	7 días	14 días	21 días
T1	51,42	62,70	56,30	59,26
T2	61,80	62,87	59,66	63,61
T3	70,72	66,69	60,84	66,05
T4	57,64	59,54	59,99	60,52
T5	64,55	46,57	52,98	42,25
T6	40,36	46,26	38,32	40,15

(+)Datos transformados: Transformación angular o Arcoseno.

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

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos con una probabilidad de ( $P < 0,0001$ ); por otro lado, no se apreciaron diferencias entre las fechas de evaluación ( $P < 0,6254$ ).

Para detectar las diferencias que existen entre los tratamientos, se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan (Cuadro 7), los mejores tratamientos fueron: **T2** (Thiamethoxan 75 g ha<sup>-1</sup>), **T3** (Thiamethoxan 100 g ha<sup>-1</sup>) y **T4** (Etofenprox 1,0 l ha<sup>-1</sup>); por lo que se muestran satisfactorios en el control del insecto, hasta 21 d y con eficacias del 83, 77 y 73%, respectivamente. Similares resultados muestran, Novartis (1999) y Meneses *et al.* (2005) en Colombia y Vivas *et al.* (2007) cuando traba-

jaron con el etofenprox para el control de la sogata en Venezuela y Fujimura (1988) y Ozaki (1988) para el control de los homópteros, *Sogatella frucifera* y *Nilaparvata lugens*, ambos (Homoptera: Delphacidae) transmisores de enfermedades vírales en el cultivo de arroz en Japón.

Las condiciones climáticas imperantes entre los meses de enero a marzo en los años de estudio, fueron las siguientes: la temperatura máxima varió entre 34 y 36 °C; la temperatura mínima: 22 y 24 °C; la temperatura media: 26 y 29 °C; la humedad relativa: 58 y 63%; la precipitación: 0,0 y 0,1 mm; cabe mencionar condiciones bastantes estables durante los años del estudio.

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

En las parcelas bajo estudio, se observó que la parcela 590, presentó 21,5 sogatas en un promedio de 10 evaluaciones, mientras que en el potrero 15 se contabilizaron 20,7 momento en el cual se procedió a la aplicación del producto a evaluar.

A las parcelas mencionadas, se les practicó evaluaciones al día siguiente, 7 y 14 días después de aplicado el producto comercial (Cuadro 8); en donde, se aprecia el número de insectos vivos de sogata. Con esta información y la evaluación preliminar (Cuadros 9 y 10); se calculó el grado de eficacia del producto Thiamethoxan 25% WC (100 g ha<sup>-1</sup>), aplicando la fórmula de Abbot's (1925) citada por Bayer (1963) y modificada por Rosenhein y Hoy (1987). Dicha información, se presenta en el Cuadro 11.

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

**CUADRO 7.** Tratamientos con datos transformados y originales. Lotes del INIA-Guárico Ciclos 2003-2004 y 2004-2005.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Duncan datos transformados	57,41bc	61,97ab	66,06a	59,42abc	51,58c	41,26d
Duncan con medias originales	70,93bc	77,50ab	83,31a	73,75abc	59,75c	43,75d

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

**CUADRO 8.** Resultado de tres evaluaciones del insecto sogata y arañas, empleando la malla entomológica. Promedio de 5 pases dobles de malla por punto, después de aplicado el producto thiamethoxan en la parcela 590 (sector La Candelaria) y el potrero 15 del INIA Guárico. Ciclo 2005-2006.

Evaluaciones Artrópodos Punto(5 pases doble)	24 Horas Nº Individuos Sogata	7 Días Nº Individuos Sogata	14 Días Nº Individuos
<b>Parcela 590Prom. (*) (-)</b>	4,0 a	3,8 a	3,9 a
<b>Potrero 15Prom. (*) (-)</b>	3,8 a	3,5 a	3,3 a

(\*) Promedio de 10 evaluaciones.

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

**CUADRO 9.** Evaluación preliminar del insecto sogata, *T. orizicolus*, número de insectos en un promedio de 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado en la Parcela 590 del sector la Candelaria. Ciclo 2005-2006.

Evaluación (Punto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Nº Insecto sogata	19	25	20	18	22	21	19	26	17	28	21,5

**CUADRO 10.** Evaluación preliminar del insecto sogata, *T. orizicolus*, número de insectos en un promedio de 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado en el Potrero 15 del INIA Guárico. Ciclo: 2005-2006.

Evaluación (Punto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Nº Insecto sogata	17	23	19	25	19	23	17	22	24	18	20,7

**CUADRO 11.** Grado de eficacia insecticida del producto thiamethoxan en el control del insecto sogata. En tres evaluaciones en la parcela 590 (sector La Candelaria) y el potrero 15 del INIA Guárico. Ciclo: 2005-2006.

Eficacia Evaluación	% De Control			Prom.
	24 Horas	7 Días	14 Días	
<b>Parcela 590Prom.</b>	81,3	82,3	81,8	81,8
<b>Potrero 15Prom.</b>	81,6	83,1	84,1	82,9
<b>Promedio General(-)</b>	81,5a	82,7a	82,9a	(82,4)

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

En el Cuadro 11, se observa que en la parcela 590, el porcentaje del control del producto thiamethoxan sobre *T. orizicolus* fue de 81% (24 h), 82% (7 d) y a 81% (14 d), presentando en promedio 81,8%. Mientras que en el potrero 15, se observó una eficacia en control de 81% a las 24 h y de 83% y 84% a los 7 y 14 d, respectivamente; para un promedio de 82,9%. En ambos casos el análisis de varianza resultó ser no significativo con una probabilidad ( $P \leq 0,917$ ), no existiendo diferencias entre las tres evaluaciones en ambas parcelas, obteniéndose un promedio general de 82,4%, bastante alto.

### CONCLUSIONES

- Los mejores tratamientos para el control del insecto *T. orizicolus* fueron con thiamethoxan a las dosis de 75 y 100 g ha<sup>-1</sup>.
- No se observaron diferencias entre las fechas de evaluación, todas estuvieron por encima del 65% en control.
- Se observó un buen efecto en control hasta por 21 d.
- De la evaluación semicomercial en dos parcelas, se observó un grado de control en el orden de un 82,4% hasta por 14 d.

### AGRADECIMIENTO

A los investigadores y técnicos del INIA-Calabozo por su apoyo y colaboración, especialmente a Rafael Ascanio y Henry González.

### BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO. 1988. Manejo integrado de plagas de arroz. CIAT Cali-Colombia. 26 p. (Mimeografiado).
- Anzola, L. H. M. 2007. Índice agropecuario. Edición 32. Agroquímicos (A): 198 p.
- Aponte, O. 1990. Manejo integrado de plagas en arroz. Maracay, Venezuela. FONAIAP. Estación Experimental Portuguesa. 36 p. (Serie B N. 13).
- Aponte, O., L. Vivas, L. Escalona, L. M. Ramírez y P. Freitez. 1992. Manejo integrado de artrópodos plaga en el cultivo del arroz en Venezuela. Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en Tecnología de Producción de arroz, CIAT - BID - FONAIAP - APROSELLO - APROSELLAC - UNELLEZ. Cali, Colombia. 144 p.
- Aponte, O., L. Vivas, L. Escalona y P. Castillo. 1997. Manejo integrado de artrópodos plaga en arroz. Unidad de Aprendizaje para la Capacitación en Tecnología en la Producción de arroz, FONAIAP FUNDARROZ UCV - IUTEP. Acarigua, Venezuela. 59 p.
- Blanco, E.D. y H. González. 1974. Algunas medidas del combate de *Sogata Sogatodes oryzicola* (Homoptera : delphacidae) en arroz, en la zona de Calabozo. Boletín Informativo. Estación Experimental de Calabozo. 1(2):3-13.
- Castillo, P. 1978. Informe anual de la sección de entomología. FONAIAP, Acarigua, Portuguesa. 25 p.
- Castañeda, P. R. 1981. Diseño de Experimentos aplicados. Primera reimpresión. Editorial Trillas S.A. México. 344 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1988. Manejo Integrado de Plagas del Arroz. Programa Arroz del CIAT. Cali, Colombia. Multigrafiado. 20 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1989. El manejo integrado de plagas del cultivo de arroz. Contenido científico: Georg Weber. Cali, Colombia. CIAT.69 p.
- Chacín, F. 1999. Postgrado de Estadística. Maracay, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 79 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1991. Informe Anual de la Sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. 18 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (FONAIAP). 1994. Informe Anual de la Sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. 13 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1997. Informe Anual de la Sección de Entomología Estación Experimental Guárico.62 p.

- Fujimara, T. 1988. Insecticides: Rice and others cereals. Evaluation of Candidate Pesticides (1988). Japan Pesticide Information. N° 54. 28-42.
- Heinrichs, E. A., F. C. Medrano and H. R. Rapusas. 1985. Genetic evaluation for insect resistance in rice. IRRI Los Baños, Filipinas. 138 p.
- Información Agrícola (INFOAGRO). 1999. El cultivo de arroz. Capítulo 10, plagas y enfermedades. 3 p. E-mail: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm#10.1.%20PLAGAS>.
- Little, H. T. y F. S. Hills. 1976. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Editorial Trillas. S. A. México. 271 p.
- Meneses, C. R., Y. Gutiérrez, R. A. García, P. G. Antigua y S. J. Gómez. 1995. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. Est. Exp. del Arroz "Sur del Jibaro". Cuba. 26 p. (Mimeografiado).
- Meneses, C. R., Y. Gutiérrez, R. A. García, P. G. Antigua y S. J. Gómez. 1997. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. Est. Exp. del Arroz "Sur del Jibaro". Cuba. (Mimeografiado). 24 p.
- Meneses, C. R., L. Reyes, L. Calvert, M. Triana, M. Carrizo y M. C. Duque. 2005. Identificación de posibles biotipos de *Tagosodes orizicolus* en diferentes zonas arroceras de Colombia. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica): 74:52-58.
- Novartis. 1999. Porcentaje de control de *Tagosodes orizicolus*, *Lissorhoptrus* spp. y *Oebalus insularis* empleando cinco dosis de Actara (Thiamethoxan 25 WG) en la zona arroceras de Córdoba - Colombia. Mimeografiado. 9 p.
- Ozaki, K. 1988. Effective application of mixtures Insecticide. Japan Pesticide Information. N° 54. 17-22.
- Pantoja, A., A. Flischer, F. Correa-Victoria, L. R. Sanint y A. Ramírez. 1997. MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas: Artrópodos, enfermedades y malezas. Calí, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 141 p. (Publicación CIAT N° 292).
- RED DE MEJORAMIENTO DE ARROZ PARA EL CARIBE. 1991. Mesa redonda sobre protección vegetal. Santa Clara, Cuba. 107 p.
- Rosenhein, J. A. and M. Hoy. 1987. Confidence intervals for Abbott's Formula correction of bioassay data for control response. J. Econ. Entomol. 82(2):331-335.
- Salas, I. D. 1991. Arroz en Venezuela: Avanza el Plan colaborativo de investigación. CIAT-Colombia. Arroz en las Américas. 12(1):2-4.
- Salas, I. D. 1994. Informe del Concejo Consultivo Nacional del Arroz. 10 p. (Mimeografiado).
- Sánchez, C. E. 1995. El Arroz, Estrategia Agrícola y Alimentaria en Venezuela. **In:** III Taller Nacional sobre la importancia del arroz. IUT - Los Llanos. Editorial Corprensa. 275 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1985. Guide for personal computers. Sexta edición. Cary, North Caroline. 378 p.
- Spiegel, N. R. 1992. Estadística. Editorial McGraw-Hill. Interamericana de México, S.A. Segunda edición. 556 p.
- STATIXTIC. 1990. Paquete computacional. Analytical Software. All Rights Reserved. Segunda edición. 100 p.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. Segunda edición. Colombia. 622 p.
- Tascon, E. y D. García. 1985. Arroz: Investigación y Producción. CIAT, Calí, Colombia. 696 p.
- Vivas, L. E. 1992. FONAIAP investiga insectos plaga en el Río Guárico. Arroz en las Américas. 13(2):11-12.
- Vivas, L. E. 1997. Dinámica poblacional de la sogata del arroz *Tagosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae) en el Guárico Occidental. Tesis de maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 147 p.
- Vivas, L. E. 1999. Las plagas del arroz. Boletín Resiembra. Año 1, N° 2. 7 p.
- Vivas, L. E. 2002. Manual de insectos plagas de arroz. INIA-SINGENTA. Maracay-Ven. Diseño y diagramación: Comunicación gráfica C.A (Maracay, estado Aragua). Primera edición. 30 p.

- Vivas, L. E. 2003. Manual de insectos plagas del arroz. INIA -Syngenta. Maracay, Venezuela. Primera edición. 30 p.
- Vivas L. E. y S. Clavijo. 2000. Fluctuación poblacional de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926. (Homoptera : Delphacidae) en el sistema de riego Río Guárico, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Bol. Entomol.Venez. 15(2): 217-227.
- Vivas, L. E., S. Clavijo y H. González. 2001. Distribución temporal y espacial en poblaciones de Sogata *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera : Delphacidae) y número óptimo de muestras para su estimación en el cultivo de arroz, en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola 6: 1. Disponible en Internet. URL: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen6/art1/index.html>
- Vivas, L. E., L. Lugo, M. Acevedo y S. Clavijo. 2002. Determinación de la preferencia de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera: Delphacidae) sobre variedades de arroz, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola. 7:5. Disponible en Internet. URL:<http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen7/art5/index.html>.
- Vivas, L. E. y D. Astudillo. 2005. Determinación del daño mecánico ocasionado por poblaciones controladas del insecto *Tagosodes orizicolus* sobre la variedad comercial Cimarrón en Calabozo estado Guárico, Venezuela. Bol. Soc. Venez. Cien. Nat. 154:47-60.
- Vivas, L. E., D. Astudillo y L. Campos. 2007. Evaluación de la eficacia del insecticida Etofenprox 10,9% para el control del insecto sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) 1926 (Homoptera : Delphacidae) en el cultivo de arroz, en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Agronomía Trop. 57(4):287-297.
- Weber, G. 1986. Manejo integrado de plagas. Un ahorro y una inversión. CIAT-Colombia. Arroz en las Américas. 7(2):1-7.

## EFFECTO DE LAS FUENTES NITROGENADAS SOBRE EL CONTENIDO DE NITRATOS Y LECTURAS "SPAD" EN EL CULTIVO DE LECHUGA

### EFFECTS OF THE NITROGEN SOURCES ON LETTUCE NITRATES CONTENT AND OVER "SPAD" LECTURES

Argelia Escalona\*, Mario Santana\*, Ingrid Acevedo\*\*, Vianel Rodríguez\* y Lue Merú Marcó\*

\* Profesores. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Decanato de Agronomía. Barquisimeto, estado Lara. Venezuela. E-mail: eargelia@ucla.edu.ve

\*\* Profesora. UCLA. Decanato de Ciencias Veterinaria. Barquisimeto, estado Lara. E-mail: ingridacevedo@ucla.edu.ve

#### RESUMEN

La acumulación de nitratos en hojas de plantas de lechuga, *Lactuca sativa* L., se considera, entre algunos factores, como respuesta al contenido y el tipo de nitrógeno disponible y este último se puede inferir a través de lecturas "SPAD". Por tal razón, en este ensayo se estableció como objetivo comparar la influencia de diferentes tipos de fertilizantes nitrogenados sobre los niveles de nitratos y las lecturas "SPAD" en las hojas de lechuga. La metodología utilizada consistió en realizar un ensayo experimental en la localidad de Sanare, municipio "Andrés Eloy Blanco", del estado Lara, mediante la siembra del cultivo de lechuga variedad comercial "Great Lakes 659", a las cuales se le aplicó como tratamiento cuatro tipos de fertilizantes nitrogenados, nitrato de calcio, sulfato de amonio, con o sin enmienda orgánica, urea, 15-15-15, a una sola dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N y un testigo absoluto. Se evaluó el contenido de nitrato en hoja en masa fresca (MS) y seca (MS), así como lecturas "SPAD". Entre los resultados se encontró efecto del tipo de fuente de N sobre el contenido de nitrato en hojas en MS y MF, y en lecturas "SPAD". En conclusión, el fertilizante Nitrato de calcio presentó los mayores valores de lectura "SPAD" al igual que el contenido de nitrato. Las fuentes de nitrógeno y dosis empleadas no sobrepasan los valores límites de la comunidad europea para lechugas cultivadas al aire libre, por lo cual podrían utilizarse sin ocasionar riesgo a la salud humana.

**Palabras Clave:** *Lactuca sativa* L., enmienda orgánica; contenido de nitratos; verdor.

RECIBIDO: octubre 07, 2008

#### SUMMARY

The accumulation of nitrate on lettuce leaves is considered as a response of the amount and type of the N source: the nitrate level could be identified through "SPAD" lectures. The objective of the current research was to compare the influence of different N fertilizers sources over the nitrates levels in lettuce leaves and the use of "SPAD" lectures to evaluate it. We carried out an experiment with lettuce, Great Lakes 659 variety, in a locality of Sanare, "Andrés Eloy Blanco" county, Lara State, where the impact of four types N fertilizers (Calcium Nitrate and Ammonium Sulphate with or without a complementary organic amendment, urea, and 15-15-15) at a dose of 200 kg ha<sup>-1</sup>, on the content of nitrate in the leaf was evaluated. The relationship between the content of nitrates in leaves and the "SPAD" lectures, and of these with the fresh and dry weight were also evaluated. We found that the N source affects the content of nitrate (91 mg kg<sup>-1</sup>) on dry weight basis and in fresh weight (466 mg kg<sup>-1</sup>), and lectures with "SPAD" (29,070 and 21,600 units), in external and internal leaves respectively. In conclusion, the calcium nitrate fertilizer produced the higher "SPAD" lectures as well as the higher nitrates content. The amount and sources of N used, do not exceed the limits values of the European Community for lettuces growing in open fields, and they could be used without risks for human health.

**Key Words:** *Lactuca sativa* L., organic amendment; nitrate content; greenery.

ACEPTADO: diciembre 01, 2008

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela el desarrollo de una agricultura intensiva centrada en el monocultivo, influenciado por la revolución verde ha llevado a un abuso en el uso de fertilizantes inorgánicos en la producción de hortalizas. Debido a esto, el agricultor para obtener el máximo rendimiento de sus cosechas ha realizado un uso indiscriminado y sistemático de abonos de estos, especialmente los nitrogenados (FONAIAP, 1995). Esta problemática es más alarmante en el cultivo de la lechuga, *Lactuca sativa* L., ya que la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados en la producción de lechuga es considerada importante para aumentar la producción, aunque según Anac y Martín-Prevel (1999) la aplicación de estos continuamente contribuye con la acumulación de nitratos en las hojas de lechuga el cual puede resultar tóxico para los humanos.

A pesar de que el nitrato no es una sustancia tóxica en sí, su toxicidad reside en su transformación química en nitrito, que se realiza en parte durante el metabolismo humano. El nitrito producto de la reducción del nitrato puede reaccionar con la hemoglobina, produciendo productos oxidativos y metahemoglobina que conduce a la disminución del suministro de oxígeno en el cuerpo, produciendo problemas respiratorios. También el nitrito puede reaccionar, en medio ácido del estómago, con las aminas, sustancias obtenidas por el metabolismo de los alimentos originando nitrosaminas, las cuales son agentes cancerígenos al humano. Además pruebas de estudios epidemiológicos en animales han demostrado que la exposición a nitrato y nitrito ha aumentado el riesgo para algunos tipos del cáncer (Watson y Muftić, 1996).

El grado de acumulación de nitrato no sólo depende del tipo y variedad genética, sino también de la temperatura, el contenido y el tipo de nitrógeno disponible (Rincón *et al.*, 2002). La acumulación de este ión en las hojas se incrementa cuando la planta es cultivada en condiciones restrictivas de luz (Roorda, 1984). Así, la planta utilizaría más carbohidratos e iones nitratos como regulador osmótico (Streingröver *et al.*, 1993). Por lo anterior, la CEE (2002) ha indicado como contenidos máximos de nitratos permitidos para lechuga cultivada en invernadero y al aire libre de en diferentes épocas del año un valor de 2000 mg kg<sup>-1</sup>.

Por otra parte, las lecturas "SPAD" pueden ser utilizadas para evaluar el estado nutricional del cultivo y a su vez

pueden ser una guía para dosificar los fertilizantes nitrogenados (Malavolta *et al.*, 2004). En este sentido, Villar y Ortega (2003) señalan que existe una relación directa entre la lectura "SPAD" y el contenido de nitrógeno en la planta, ya que las plantas adecuadamente fertilizadas con nitrógeno presentan un color más verde en sus hojas, lo cual puede considerarse como una herramienta alternativa para estimar el estatus de nitrógeno en la planta.

Por tal razón, en este ensayo se estudió el efecto de diferentes fuentes nitrogenadas sobre la acumulación de nitratos y lecturas "SPAD" en hojas de lechugas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó, en la localidad de Sanare, municipio "Andrés Bello" del estado Lara, Venezuela, entre los meses de mayo y julio del 2006. Se corresponde a la zona de vida de bosque subhúmedo seco frío (Holdridge, 1987). Presenta precipitación promedio anual de aproximadamente 820 mm, temperaturas que oscilan entre 14 y 24 °C con una media anual de 22 °C y una altura entre 1 500 - 1 800 m.s.n.m. El suelo utilizado fue de pH 5,9; salinidad de 0,3 dS/m; materia orgánica 3,5 % y clase textural franco arcilloso.

### Procedimiento de Campo

Las plántulas de lechuga de la variedad comercial "Great Lakes 659", se obtuvieron a partir de semillas, cultivadas en bandejas de poliestireno expandido (anime) multicelular de 200 celdas. Se trasplantaron manualmente a campo abierto, en suelo previamente arado y surcado, a una distancia de 0,3 x 0,4 m, obteniéndose una densidad de plantación equivalente a 83 333 planta ha<sup>-1</sup>.

La fertilización se realizó de la siguiente manera: las fuentes de fósforo y potasio se aplicaron a todas las unidades experimentales en cantidad de 35 g por surco de sulfato de potasio y 100 g por surco de superfosfato simple, mientras que la aplicación de los fertilizantes evaluados, se hizo por única vez a los 15 días después del trasplante (DDT), a chorro corrido, aun lado de la planta, cubriendo inmediatamente con suelo. El riego fue complementario por aspersión y el control de malezas manual.

La cosecha se realizó a los 72 DDT. Las plantas cosechadas fueron colocadas en cestas y trasladadas para

sus respectivos análisis al laboratorio de investigación del Departamento de Fitotecnia del Decanato de Agronomía de la UCLA.

### Tratamientos

Los tratamientos consistieron en aplicar, dos tipos de fertilizantes nitrogenados a una sola dosis de 200 k ha<sup>-1</sup> (Caballero, 2005; Rincón *et al.*, 2002), tales como nitrato de calcio y sulfato de amonio, combinados con o sin enmienda orgánica (SEO) de excretas de pollo en cantidad de 100 k ha<sup>-1</sup>, además dos fertilizaciones convencionales que realizan los agricultores de la zona (15-15-15 y Urea) y un testigo absoluto (sin aporte de nitrógeno), conformando un total de 7 tratamientos, los cuales se adicionaron en las cantidades indicadas en Cuadro 1.

### Diseño del Experimento

El ensayo se realizó en un diseño de bloques al azar, de 7 tratamientos y 4 repeticiones, conformando un total de 28 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela con 4 hileras de 4 m y separadas a 0,4 m. La unidad de muestreo fueron las 2 hileras centrales con sólo 2,7 m a ser evaluados, resultando así una área efectiva de 2,16 m<sup>2</sup> con 18 plantas de lechugas de sobrevivir todas al transplante.

### Variables Evaluadas

#### Contenido de Nitrato

Para la determinación del contenido de nitrato en hojas de la cabeza en base fresca y seca se tomó una muestra (5 g) de cada una de ellas, finamente picadas y licuada con 100 ml de agua (Mantovani *et al.*, 2005), luego se filtró y se acondicionó (Eaton *et al.*, 1995) para realizar la lectura del contenido de nitrato en el espectrofotómetro UV-visible Cintra 10e a una longitud de onda de 520 nm.

#### Lecturas "SPAD"

La absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades "SPAD" serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krugh *et al.*, 1994), por lo que a partir de unidades "SPAD" se puede estimar los contenidos de clorofila y nitrógeno total de las planta (Rodríguez *et al.*, 1998), en este sentido, se efectuaron lecturas indirectas de clorofila con el equipo Minolta SPAD 502, donde se procedió a escoger la hoja interna de las hojas protectoras y externas de la cabeza, al momento de la cosecha.

A cada hoja se le realizaron tres lecturas, de cada planta evaluada por tratamiento, cuyas hojas estaban recién abiertas, expuestas, fotosintéticamente activas y maduras (Malavolta *et al.*, 1997).

**CUADRO 1.** Dosis de los fertilizantes utilizados (g surco<sup>-1</sup>) por tratamientos.

Tratamientos	% de N		N total k ha <sup>-1</sup>	Tratamientos	
	Nítrico	Amoniacal		k ha <sup>-1</sup>	g surco <sup>-1</sup>
Nitrato de calcio + Enmienda <sup>(1)</sup>	15	0	200	1 333	213,3
Sulfato de amonio + Enmienda <sup>(1)</sup>	0	21	200	952	152,3
Nitrato de calcio	15	0	200	1 333	213,3
Sulfato de amonio	0	21	200	952	152,3
15-15-15 <sup>(2)</sup>	0	15	200	1 333	213,3
Urea <sup>(3)</sup>	0	46	200	435	69,6
Testigo absoluto	–	–	0	0	0

(1) Excretas de aves

(2), (3) Manejo convencional de la zona.

## Análisis estadístico

Los datos experimentales fueron analizados utilizando el programa Statistix versión 8, mediante el análisis de la varianza y comparación de medias por Tukey al 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de nitrato en materia fresca

Se encontró efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de las diferentes fuentes de N sobre el contenido de nitratos en las hojas de lechuga en materia fresca (MF). Cuando se aplicó nitrato de calcio con y SEO se encontraron los mayores valores de nitratos (90,993 y 86,417 mg  $k^{-1}$ ), y el menor valor en el testigo absoluto (Cuadro 2).

El nitrato de calcio, por sus características, en cuanto a su alta solubilidad 1220 g  $l^{-1}$  a 20 °C, mejora su absorción por parte de la planta (Ruiz, 1999), además libera directamente el ión nitrato que es fácilmente absorbido por las raíces de la planta, aunque se señala que si no es absorbido se pierde por volatilización o pasa a ser inmovilizado por los microorganismos (Tisdale y Werner, 1977). Por lo cual, se considera que en las

**CUADRO 2.** Contenido de nitrato (mg  $k^{-1}$ ) en hojas de lechuga, en materia fresca y materia seca, determinadas por el método de espectrofotometría UV-visible

Tratamientos	Nitrato Materia fresca	Nitrato Materia seca
Nitrato de calcio + Enmienda <sup>(1)</sup>	86 a	425 ab
Sulfato de amonio + Enmienda <sup>(1)</sup>	72 b	410 ab
Nitrato de calcio	91 a	466 a
Sulfato de amonio	66 bc	421 ab
15-15-15 <sup>(2)</sup>	66 bc	445 ab
Urea <sup>(3)</sup>	69 bc	411 ab
Testigo absoluto	60 c	370 b
C.V	6,99	7,69

Tratamientos con letra diferentes por columna presentan diferencias significativas entre ellos, según la prueba de Tukey al 0,05.

(1) Excretas de aves

(2) y (3) Manejo convencional de la zona

plantas donde se aplicó nitrato de calcio, tuvieron más cantidad de nitrógeno asimilable, el cual pudo usar y acumular con más facilidad, ya que al ser adicionado al suelo, este se hidroliza y libera  $NO_3^-$  que es usado directamente por las plantas (Rodríguez, 1992).

Por otra parte, se encontró contenido de nitrato en hojas de lechuga en peso fresco entre 32,50 a 92,50 mg  $k^{-1}$ , los cuales se encuentran dentro del rango obtenido por Beninni *et al.* (2002), quienes observaron niveles de nitratos en lechuga convencional e hidropónica entre 26 a 2 568 mg  $k^{-1}$  en peso fresco. Aunque por debajo de los valores encontrados por Pizarro (1998), en lechugas cultivadas al aire libre e invernadero.

No obstante, Valenzuela (1999) encontró niveles de nitratos en hojas de lechuga superiores a los de este ensayo, con niveles fluctuantes entre 178 y 418 mg  $k^{-1}$  en MF al emplear diferentes fuentes nitrogenadas. Así mismo, Rincón *et al.* (2002), encontraron incremento en la concentración de nitratos en hojas externas e internas al aumentar la dosis del fertilizante nitrogenado.

Mas aún, Fernández *et al.* (2002), encontró menor contenido al aplicar como fuente de N la forma amoniacal. Cabe destacar que Sady *et al.* (1995), Marschner (1995) y Abd-Elmoniem *et al.* (1996), señalaron que las hojas de lechuga presentaron menor acumulación de nitratos con la fertilización de N en forma amoniacal comparadas con la fuente de forma nítrica, debido a la capacidad más rápida de reducirse a nitrato y ser absorbido por las raíces, tornándose como un factor limitante en la proporción de N traslocado a las partes aéreas.

### Contenido de nitrato en materia seca

Se encontró efecto de la fuente de N sobre el contenido de nitrato en materia seca (MS). Al analizar los resultados de la concentración de nitratos en las hojas de lechuga, se observó (Cuadro 2) que la fuente de N que presentó mayor concentración de nitrato fue el nitrato de calcio en las hojas con un promedio de 466 mg  $k^{-1}$ , y los menores en el testigo.

De tal modo, al comparar los mayores valores de nitrato en hojas, se pueden considerar razonables por estar por debajo al límite de la comunidad europea de 3 000 mg  $k^{-1}$  en MS. Así mismo, Krohn *et al.* (2003), encontraron valores de nitratos en hojas de lechugas cultivares de tipo Americana, por debajo del límite antes mencionado. Más aún, los valores obtenidos están muy por debajo de lo presentado por Carrasco *et al.* (2006),

en hojas de lechuga mantecosa con nitratos fluctuantes entre 1 344 y 3 839 mg k<sup>-1</sup> en MS y por el MAFF (1996), con contenido entre 1 105 y 5 628 mg k<sup>-1</sup>.

Al comparar los resultados de nitratos en MF y MS (Cuadro 2), se observa similar tendencia del contenido de este en hojas de lechuga al aplicar diferentes fuentes diferentes de N, presentando en ambos casos mayor contenido de nitrato cuando se aplica la fuente de nitrógeno en forma nítrica (nitrato de calcio). Sin embargo, los contenidos de nitrato en MS son mayores que en MF, esto puede ser debido a las condiciones de manejo que es sometida la muestra para la determinación de nitrato en seco (perdidas de agua y altas temperaturas).

Por otra parte, es importante destacar que las fertilizaciones convencionales utilizadas en la zona de estudio, no difieren del resto de las fuentes utilizadas y no sobrepasan las concentraciones límites por lo cual podrían utilizarse sin que ocasionen riesgo a la salud humana.

**Lecturas "SPAD"**

**En las hojas internas**

Se encontró efecto de las fuentes nitrogenadas sobre las lecturas "SPAD" (P<0,05) en hojas internas. La fuente de nitrógeno nitrato de calcio con y SEO presentaron la mayor lectura "SPAD" en las hojas internas de las plantas de lechuga y el menor valor en el testigo (Cuadro 3).

Los valores encontrados se encuentran en el rango observado por Marquard y Tipton (1987), quienes encontraron valores de "SPAD" 12 a 40 en espinacas y de 3 a 54 en otros cultivos evaluados. Así mismo, Rodríguez *et al.* (1998), estudio las lecturas de "SPAD" en tomate usando diferentes tonalidades encontrando valores mínimos y máximos de 7,73 y 53,93, respectivamente.

**En las hojas externas**

Se encontraron diferencias entre las fuentes nitrogenadas en el contenido de clorofila (P<0,05) en hojas externas de la cabeza de lechuga. La fuente de nitrógeno Nitrato de calcio con y SEO presentaron la mayor lectura "SPAD" en las hojas externas y el menor valor en el testigo (Cuadro 3).

De Aguilar (2004), encontró lecturas "SPAD" fluctuantes entre 31,35 y 34,8 en plantas de lechuga donde se aplicó micorrizas. Sin embargo, en este ensayo

los valores encontrados están por debajo de estos. Aunque coinciden con las lecturas "SPAD" encontradas por Villas-Boâs *et al.* (2004), quienes estudiando el efecto de dosis y tipos de compuestos orgánicos en la producción de plantas de lechuga en dos suelos bajo ambiente de protección, encontraron valores fluctuantes de lecturas de "SPAD" en las hojas de lechuga entre 19 y 23,2.

En este trabajo tanto por espectrofotometría como por contenido de clorofila (lectura "SPAD") se encontró que al aplicar nitrato de calcio con o SEO indujo mayor contenido de nitrato y clorofila en las hojas de la planta de lechuga.

El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades "SPAD" en diversas condiciones ambientales (Hiderman *et al.*, 1992). En este sentido, Rodríguez *et al.* (1998) encontraron una alta correlación entre unidades "SPAD", concentración de clorofila extractable en la quinta hoja y porcentaje de nitrógeno en plantas de tomate. Así mismo, existe una relación directa entre la lectura "SPAD" y el contenido de nitrógeno en la planta, ya que las plantas adecuadamente fertilizadas con nitrógeno presentan un color más verde en sus hojas (Villar y Ortega, 2003).

**CUADRO 3.** Efecto de la fuente de N sobre la concentración de clorofila en lectura "SPAD" en hoja interna protectoras y externa de la cabeza de la lechuga.

Tratamientos	Lectura SPAD	
	Hoja Externa	Hoja Interna
Nitrato de calcio + Enmienda <sup>(1)</sup>	29,070 a	19,875 a
Sulfato de amonio + Enmienda <sup>(1)</sup>	25,155 b	16,642 b
Nitrato de calcio	28,070 a	21,600 a
Sulfato de amonio	25,100 b	16,235 b
15-15-15 <sup>(2)</sup>	23,715 b	16,165 b
Urea <sup>(3)</sup>	25,612 b	16,798 b
Testigo absoluto	20,560 c	13,610 c

Tratamientos con letra diferentes por columna presentan diferencias significativas entre ellos, según la prueba de Tuckey al 0,05.

<sup>(1)</sup> Excretas de aves

<sup>(2)</sup>, <sup>(3)</sup> Manejo convencional de la zona

## CONCLUSIONES

- El fertilizante Nitrato de calcio presentó los mayores valores de lectura "SPAD" al igual que el contenido de nitrato.
- Las fuentes de nitrógeno y dosis empleadas no sobrepasan los valores límites de la comunidad europea para lechugas cultivadas al aire libre, por lo cual podrían utilizarse sin que ocasionen riesgo a la salud humana.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abd-Elmoniem, E., A. Abou-hadid, M. El-shinawy, A. El-beltagy and A. Eissa. 1996. Effect of nitrogen form on lettuce plant grown in hydroponic system. *Acta Horticulturae*, 434:47-52.
- Anac, D. y P. Martín-Prevel. 1999. Improved Crop Quality by Nutrient Management. Ed. Springer. Holanda.
- Beninni, E., H. Takahashi, C. Neves et I. Fonseca 2002. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropónico e convencional. *Horticultura Brasileira*, Brasilia, 20(2):183-186.
- Caballero, D. 2005. Efecto de fuentes inorgánicas y orgánicas en la nutrición nitrogenada del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Trabajo de grado para optar al grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Barquisimeto, estado Lara. 59 p.
- Carrasco, G., J. Tapia y M. Urrestarazu. 2006. Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. *Idesia* (Chile), 24(1):25-30.
- Comunidad Económica Europea (CEE). 2002. Contenido de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Reglamento (CEE) Nº 563/2002 modificada el Nº 466/2001 de la comisión.
- De Aguilar, M. J., D. González-Martínez, A. Gutiérrez, M. Honrubia, y A. Morte. 2004. Efectos del hongo endomicorrízico *Glomus intraradices* en el cultivo ecológico de lechuga tipo Iceberg. **In:** VI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica Almería (Resumen): 241-242.
- Eaton, A., L. S. Clesceri and A. E. Greenberg. 1995. *Standar Methods for the examination of water and wastewater* 19Th Edition. p. 4-75, 4-85.
- Fernandes, A., H. Martínez, P. Pereira e M. Fonseca. 2002. Produtividade e, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, Brasilia, 20(2):195-200.
- Fondo Nacional de Investigaciones agropecuarias (FONAIAP). 1995. Paquete tecnológico para la producción de hortalizas. Maracay. 2<sup>da</sup> impresión. 206 p. (Serie paquete tecnológico Nº 8).
- Hiderman, J., A. Makino, Y. Kurita, T. Masa and K. Ojima. 1992. Changes in the levels of chlorophyll and light-harvesting. *Physiol.* 53:1 209-1 214.
- Holdridge, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. Agroamérica. p. 89.
- Krohn, N., R. Missio, M. Ortolan, A. Burin, D. Steinmacher e M. Lopes 2003. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 21(2):216-219.
- Krugh, B., L. Bichham and D. Miles. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize genetics cooperation. News Letter* 68:25-27.
- Malavolta, E., G. C. Vtiti. e S. C. Oliveira. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Principios e Aplicações*. 2. ed. Piracicaba, Potafos. 317 p.
- Malavolta, E. N., G. L. Nogueira, R. Heinrichs, E. N. Higashi, V. Rodríguez, E. Guerra, S. C. de Oliveira and C. P. Cabral. 2004. Evaluation of Nutritional Status of the Cotton Plant with Respect to Nitrogen. *Communications in soil science and plant analysis*, 35(7-8):1 007-1 019.
- Mantovani, J. R., M. Ferreira e M. Cruz. 2005. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, Brasilia, 23(3):758-762.
- Marquard, R. D. and J. L. Tipton. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and in situ method to estimate leaf greenness. *HortScience* 22, p. 1 327.

- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higherplants. 2. ed. New York: Academic Press. 889 p.
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries (MAFF). 1996. Nitrate in vegetables. Food surveillance information sheet 91:7.
- Pizarro, C. 1998. Acumulación de nitratos en 4 tipos de lechuga cultivados al aire libre y en invernadero en otoño-invierno. Tesis de grado para optar al título de Ing. Agrónomo. Universidad de Tecla, Escuela de Agronomía. Chile. 206 p.
- Rincón, S., A. Pérez, C. Pellicer, J. Sáez y A. Abadía. 2002. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales*, 17(2):303-318.
- Rodríguez, M., G. González, A. Aguilar, J. Etchevers y J. Santizó. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16 (2):135-141.
- Rodríguez, S. F. 1992. Fertilizantes. *Nutrición Vegetal*. A.G.T. Editor, S.A. Segunda reimpression. D. F. México.
- Roorda, J. P. 1984. Nitrate in vegetables under protected cultivation. *Acta Horticulturae* 145: 251-256.
- Ruiz, R. 1999. Características de algunos fertilizantes nitrogenados para el uso en goteo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Centro Regional de Investigación la Platina. (Serie La Platina N° 82). Disponible en: <http://alerce.inia.cl/docs/Informativos/Informativo01.pdf>
- Sady, W., S. Rozek and J. Myczkowski. 1995. Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce yield. **In:** Growing media e plant nutrition. *Acta Horticulturae* 401:409-416.
- Steingröver, E., J. W. Steenhuizen and J. Van Der Boon. 1993. Effect of low light intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. *Neth. J. Agric. Sci.* 41:13-21.
- Tisdale, S. y N. Werner. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Limusa. 1ra reimp. D.F. México. 760 p.
- Valenzuela. 1999. Acumulación de nitratos en hojas de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crispa) en respuesta a cinco dosis y dos fuentes de nitrógeno; y estudio de los flujos del N. mineral del suelo. Universidad de Talca. Chile. 55 p.
- Villar, D. y R. Ortega. 2003. Medidor de clorofila. Bases teóricas y su aplicación para la fertilización nitrogenada en cultivos. *Agronomía y Forestal UC*. 18:4-8.
- Villas Bôas, R. L., J. C. Passos, M. Fernández, L. T. Büll, V. Cezar e R. Goto. 2004. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília. 22(1):28-34.
- Watson, R. and S. Mufti. 1996. *Nutrition and Cancer Prevention*. New York: CRC Press: 317-325.

# AGRONOMÍA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

## Instrucciones para los Autores

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

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

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

### Manuscritos

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

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

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

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

**Título.** Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe

identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

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

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

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

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

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

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.** Solo 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, posición 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®.

**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 requieran 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 TIF (cmk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiera pueda ser modificada

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

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

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

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

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

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

Los símbolos a usar son:

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

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

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

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

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

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

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

Composición: Carmen Elena Solórzano  
Montaje: Gerardo Moreno  
Fotólito: Mario Pino  
Impresión: Eliseo Silva

Impreso en el Taller Gráfico del INIA  
Maracay, estado Aragua, Venezuela  
Marzo 2009

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

