



Gobierno **Bolivariano**
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la **Agricultura y Tierras**



Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía Tropical

ISSN: 0002 - 192X
AÑO 60 VOL. 60 No. 4 2010

AGRONOMÍA
TROPICAL
Agronomía Trop

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela



AUTORIDADES INIA

Yván Gil Pinto
PRESIDENTE

Orlando Moreno
GERENTE GENERAL

Jonathan Coello
GERENTE DE PRODUCCIÓN SOCIAL

Margaret Gutiérrez
GERENTE DE INVESTIGACIÓN e INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

FUNDADORES

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

COORDINACIÓN EDITORIAL

Tatiana Pugh
EDITORA JEFE

Ninfa Monasterios
EDITORA ASISTENTE

Alecia Bolívar
EDITORA ASISTENTE

María Escalona
EDITORA TÉCNICA

Ana Bolívar
SECRETARIA

Carmen Solórzano
DIAGRAMADORA

EDITORES ASOCIADOS

Abarca, Oscar. ACAV
Acevedo, Marco. INIA
Brito, Julia. INIA
Cásares, Marjorie. UCV

Gutiérrez, Margaret. INIA
Ortiz, Aida. UCV
Pérez, Delis. INIA
Velásquez, Lorenzo. INIA

COMITÉ EDITORIAL

Iván Gil
Margaret Gutiérrez

Orlando Moreno
Tatiana Pugh

CONSEJO DE REDACCIÓN

Aparecido, Rodrigo. ESA. Brasil
Baldizán, Alfredo. UNERG
Borroto, Omelio. ICA. Cuba
Cadenas, Maryorie. FUNDACITE
Centeno, Ángel. UCV
Colmenares, Griselda. UCV
Comerma, Juan. INIA
Daiuto, Erika. UNESP. Brasil
De Freitas, Elías. EMBRAPA. Brasil
Díaz, Daniel. INTA. Argentina
Fuch, Morela. INIA
Garea, Bárbara. INSTE. Cuba
Gil, Freddy. UCV
Hidalgo, Carlos. INIA
Kosky, Rafael. IBP. Cuba
Marín, Merilyn. INIA
Martínez, Siomara. CENSA. Cuba

Méndez, Jesús. UDO
Montilla, Joan. INIA
Núñez, Mauricio. ACAV
Ordosgoitti, Alfonso. INIA
Ormeño, Mariangélica. INIA
Perozo, José. INIA
Quijada, Osmar. INIA
Rengifo, Oscar. UNERG
Rodríguez, Iraida. INIA
Rojas, Thamara. INIA
Romero, Alfredo. INIA
Salazar, Margelys. INIA
Sánchez, Iris. INIA
Silva, Iris. INIA
Tablada, Lydia. CENSA. Cuba
Vergara, Juan. INIA
Vivas, Luis. INIA

AGRONOMÍA TROPICAL

Vol. 60 - 2010

Octubre-Diciembre

Nº 4

ISSN 0002-192X

Depósito Legal pp 195102AR73

TABLA DE CONTENIDO

Trabajo Especial:	Pág.
LÓPEZ, M., B. RODRÍGUEZ y M. ESPAÑA. Tecnologías generadas por el INIA para contribuir al manejo integral de la fertilidad de los suelos..... Technologies generated by INIA to contribute to integrated management of soil fertility.	315
Artículos:	
ORTIZ de BERTORELLI, L., M. RAMÍREZ, L. GRAZIANI de FARIÑA, A. RAMÍREZ y A. TRUJILLO. Características físicas y químicas de la grasa de la semilla de frutopán..... Physical and chemical characteristics of breadnut seed fat.	333
DE SOUZA JUNIOR, N. L., M. CASARI PARREIRA e P. L. AGUIAR DA COSTA. Plantas daninhas na cultura do amendoim em função do espaçamento e densidade de plantas..... Hierbas dañinas en cultivos de maní en función de la densidad y distancia entre surcos. Weeds in peanut cultivation in function of the spacing and density of plant.	341
LÓPEZ, M., R. MARTÍNEZ-VIERA, M. BROSSARD FABRÉ y M. TORO. Capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de cepas nativas de agroecosistemas venezolanos..... Capacity of atmospheric nitrogen fixation of native strains of venezuelan ecosystems.	355
ESPINO DOMÍNGUEZ, M. y C. E. PUCCINELLI. Selección de líneas promisorias de tabaco Virginia en Cuba con resistencia al moho azul y pata prieta para las condiciones de Brasil..... Selection of snuff Virginia promising lines in Cuba with resistance to blue mold and pata prieta in Brazil's conditions.	363
VIVAS C., L. E. y D. ASTUDILLO. Plantas hospederas de chinche vaneadora en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela..... Hosts plant of bedbug vaneadora in the cultivation of rice in Calabozo, Guárico State, Venezuela.	369
MORALES, P., Y. NOGUERA, E. ESCALONA, O. FONSECA, C. ROSALES, B. SALAS, F. RAMOS, E. SANDOVAL y W. CABAÑAS. Sobrevivencia larval de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith con dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio..... Larval survival of <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith with artificial diet under laboratory conditions.	375
MUJICA P., Y., B. DE LA NOVAL y J. DELL' AMICO R. Respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de dos inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares por vías diferentes de inoculación..... Tomato crop response to the application of two arbuscular mycorrhizal fungi inoculant for different routes of inoculation.	381

Artículo:	Pág.
ZAMBRANO, A., Á. GÓMEZ, G. RAMOS, C. ROMERO, C. LACRUZ y E. RIVAS. Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao Criollo, Trinitario y Forastero durante el proceso de secado.....	389
Characterization of physical quality parameters in Criollo, Trinitario and Forastero cocoa beans during the drying process.	
ABARCA, O. y M. A. BERNABÉ P. Estimación de la Capacidad de Uso de las Tierras en el estado Aragua, Venezuela, mediante regresión logística multinominal.....	397
Land use capability estimation of Aragua State, Venezuela, by multinomial logistic regression.	

Nota de Redacción

Índice Acumulativo

Instrucciones a los Autores.

NOTA DE REDACCIÓN

La Editora y quienes conforman el equipo editorial de la revista científica **Agronomía Tropical**, agradecen a los especialistas que se mencionan, por colaborar con el proceso de revisión a los trabajos de investigación que se publican en el volumen 60, del año 2010:

María Ormeño
Orlando Mora (J)
Lorenzo Velásquez
Oneyda Mengo
Manuel Ávila
Juan Comerma (J)
Luis Avilán (J)
Judith Zambrano
Adolfo Cañizares
Edgar Torres
Aida Ortiz
Edicta Reyes
Héctor Coraspe
Rosario Falcón
Gladys Castellano
María Sindoni
Judith Poleo
Angel Torres
Luís Chacón
Hugo Ramírez
Alfonso Ordosgoitti (J)
Olga Arnaude
Reinaldo Pire
Rafael Navarro (J)
Blas Linares
Mariana León
Zenaida Lozano
Isaías Olivo Geraldi
Eduardo Graterol
Gelís Torrealba
Pedro Monasterio
Beatriz Graterol
María F. Rodríguez
Beatriz Lozada
Alexander Sánchez
Rosa Razz
Carmen A. Rincón (J)
Carlos Rondón
José G. Albarrán
Froilán Contreras
José Durigan
Celina Henrique
Fernando Millán

INIA - Mérida. Venezuela
INIA - Yaracuy. Venezuela
INIA - Portuguesa- Venezuela
INIA. Gerencia General. Venezuela
Fundación DANAC- Yaracuy. Venezuela
INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
ULA. Estado Trujillo. Venezuela
INIA - Monagas. Venezuela
CIAT - Colombia
UCV. Facultad de Agronomía
INIA - Portuguesa. Venezuela
INIA - Trujillo. Venezuela
Centro Internacional de la Papa - Perú.
INIA - Zulia. Venezuela
INIA - Anzoátegui. Venezuela
INIA- Guárico. Venezuela
INIA - Táchira. Venezuela
UNET. Venezuela
UCLA. Facultad de Agronomía. Venezuela
INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
UNET. Estado Táchira
UCLA. Venezuela
INIA - CENIAP. Venezuela
INIA - Yaracuy. Venezuela
UNELLEZ. Venezuela
UCV. Facultad de Agronomía
USP - Depto de Genética y Biología Evolutiva. Brasil
Fundación DANAC. San Felipe. Venezuela
INIA - Guárico
INIA - Yaracuy
INIA - Amazonas. Venezuela
INIA - CENIAP. Venezuela
INIA - Táchira. Venezuela
INIA - Falcón. Venezuela
LUZ. Facultad de Agronomía
INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
ULA. Facultad de Ciencias. Venezuela
INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
ULA. Facultad de Ciencias. Venezuela
UNESP - Fac. de Ciencias Agrarias y Veterinaria. Brasil
APTA – Brasil
ULA. Facultad de Ciencias. Venezuela

../...continúa

../...continuación

Marta Fillet	UNESP - Fac. de Ciencias Agrarias y Veterinaria, Brasil
Ramón Silva Acuña	INIA - Monagas, Venezuela
Oscar Silva	UCV, Facultad de Agronomía
Duilio Torres	UCLA, Edo. Lara, Venezuela
Roberto López	CIDIAT – ULA, Venezuela
Raiza Rumbos	INIA - Zulia, Venezuela
Franklin Morillo	INIA - Miranda, Venezuela
Pedro Sánchez	INIA - Miranda, Venezuela
Teresa E. Vargas	UCV, Laboratorio de Biotecnología Vegetal
Jesús Ávila	INIA- Portuguesa, Venezuela
Alberto Pantoja	CIAT, Colombia
Osmar Quijada	INIA - Zulia, Venezuela
Edmundo Monteverde (J)	INIA - CENIAP, Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Margaret Gutiérrez	INIA, Gerencia General
Luís Urdaneta	INIA - CENIAP, Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Tarcisio De Sousa	EMBRAPA, Brasil
Humberto Moratinos	UCV, Facultad de Agronomía
Elena Medina	INIA - Yaracuy, Venezuela
Graciela Piñero	ESAT - INIA, Maracay
Nora Techeira	UCV, Facultad de Agronomía
Álvaro Anzalone	UCLA, Edo. Lara Venezuela
Clovis Pereira Peixoto	UFRB, Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil
Jesús R. Méndez	UDO, Venezuela
Magaly Ruiz	UNERG - CIESA, Estado Guárico, Venezuela
Yusmary Espinoza	INIA - CENIAP, Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Bernarda Cuadrado	UNAL, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Colombia
Braulio Valles	UNAM - CEIEGT, Fac. de Medicina, Veterinaria y Zootecnia
Miguel Ramón	INIA - Portuguesa
Gilberto Torrecilla	Iltabaco – Cuba
Roberto Villafañe	UCV, Facultad de Agronomía
Rafael Montilla	INIA, Trujillo
José Luís García (J)	UNESR, Venezuela
Santiago Clavijo	UCV, Facultad de Agronomía
Rodolfo Plana	INCA, Cuba
Diego Diamont	INIA, Unidad de Protección Vegetal
Erika Daiuto	UNESP - Fac. de Ciencias Agrarias y Veterinaria, Brasil
Juan Teixeira	UPTA - Fundación Instituto de Ingeniería, Venezuela
Rodrigo Moraes De Sousa	CENA, Centro de Energía Nuclear de la Agricultura, Brasil
Oscar Silva	UCV, Facultad de Agronomía
Carlos Hidalgo	ESAT - INIA, Maracay

Damos las gracias igualmente, a Elio Pérez y Carmen Solórzano por la elaboración del índice acumulativo, asimismo, a Juan Vergara (INIA – Zulia) por la corrección de los summary de la revista.

TRABAJO ESPECIAL

TECNOLOGÍAS GENERADAS POR EL INIA PARA CONTRIBUIR AL MANEJO INTEGRAL DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

TECHNOLOGIES GENERATED BY INIA TO CONTRIBUTE TO INTEGRATED MANAGEMENT OF SOIL FERTILITY

Marisol López*, Belkys Rodríguez* y Mingrelia España**

* Investigadoras. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Recursos Agroecológicos.

**Investigadora. Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA).

Correo electrónico: mlopez@inia.gob.ve, brodriguez@inia.gob.ve, mespana@idea.gob.ve

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo establecer el estado del arte de las investigaciones e innovaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en fertilidad de suelo, para incrementar la productividad de los suelos venezolanos en las últimas cinco décadas. Se analizó cronológicamente la evolución filosófica y conceptual del conocimiento generado, partiendo de la visión convencional de la fertilidad, que desarrolló el análisis de suelo para racionalizar el uso de los fertilizantes y neutralizar la acidez, hasta la integral emergente, donde se valoran no solo las propiedades físico-químicas, sino también las biológicas, promoviendo el uso combinado de insumos inorgánicos, orgánicos y biológicos, para favorecer un balance positivo de materia y energía en el suelo. Se hizo énfasis en los biofertilizantes, con base a una oferta biotecnológica que incorpora una gran diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y simbiótica, solubilizadoras de fósforo y hongos micorrizicos, procedentes de distintas zonas agrícolas y agroecosistemas del país. Se sugirieron las líneas de investigación que deben seguirse para contribuir con el Modelo Agrario Socialista en el marco del Proyecto Nacional Simón Bolívar, respondiendo a las necesidades de la población, para una alimentación suficiente, sana y oportuna, también a una agricultura agroecológica, que beneficie la sustentabilidad de los agroecosistemas, la seguridad y soberanía alimentaria. Los aportes científicos y tecnológicos del INIA, quedaron demostrados en el desarrollo de una plataforma capaz de transferir los resultados de investigación a las comunidades agrícolas, organismos de investigación, educación, desarrollo y la industria de los fertilizantes.

Palabras Clave: análisis de suelo; acidez; fertilizantes; oferta biotecnológica.

SUMMARY

This paper aims to establish state of the art in research and innovations generated by National Institute of Agricultural Research (acronym in Spanish INIA), in soil fertility to increase productivity of Venezuelan soil during the last five decades. The conceptual and philosophical evolution of generated knowledge was chronologically analyzed, based on the conventional point of view of fertility that developed soil analysis to rationalize the use of fertilizers and to neutralize acidity, where not only the physicochemical properties are valued, but also biological, promoting the combined use of inorganic, organic and biological inputs to promote a positive balance of matter and energy in the soil. Emphasis on biofertilizers was done based on a biotechnology offer which incorporates a great diversity of nitrogen fixing bacteria, free-living and symbiotic, solubilizing phosphorus bacteria and mycorrhizal fungi, from different agricultural areas and agroecosystems. Research to be followed are suggested to contribute with the Socialist Agricultural Model under the National Project Simón Bolívar, responding to population needs regarding to enough, safe and timely food, as well as to contribute with an ecological agriculture that benefits sustainability of agroecosystems, security and food sovereignty. The scientific and technological contributions generated by INIA, were demonstrated in the development of a platform capable to transfer research results to farming communities, research organizations, education, development and fertilizer industry.

Key Words: soil test; fertilizer; acidity; biotechnology supply.

RECIBIDO: abril 20, 2010

ACEPTADO: octubre 06, 2011

INTRODUCCIÓN

Alcanzar la seguridad y soberanía agroalimentaria, involucra retos y desafíos socio-políticos, técnico-científicos, culturales y económicos, que se magnifican al asumir procedimientos y métodos con mínimo impacto ambiental que apunten a mejorar la calidad de vida de la población rural y urbana, incluyendo productores (as) y consumidores (as). Esto significa cambios de paradigmas para revertir el modelo productivista, altamente consumidor de energía fósil, y degradador ambiental. Por eso, el Estado venezolano a través del Proyecto Nacional Simón Bolívar, Primer Plan Socialista de la Nación (2007-2013), se propone dar pasos firmes hacia un nuevo modelo socioproductivo, que dé respuesta a las necesidades del ser humano, entre las cuales la alimentación es prioritaria.

En ese sentido, el Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT), en su propósito de alcanzar la soberanía agroalimentaria, a través del proceso de sustitución de importaciones en los circuitos agroalimentarios, estimó una superficie para la producción del sector vegetal de 4 230 514 ha en el período 2009-2019, para lo cual se requieren 671 299,97 y 1 585 226,55 t año⁻¹ de urea y fórmula completa, respectivamente. El incremento interanual promedio de estos productos para dicho período se calculó en un 19% (11% fórmula + 8% urea), el más alto seguido del 12% que ocupa el insumo semilla, esto justifica promover su racionalidad mediante el mejoramiento de su eficiencia y la incorporación de otras fuentes locales orgánicas y biológicas.

El objetivo del trabajo es la realización de un balance sobre la información, conocimientos y tecnologías generadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), que, como rector de la investigación agrícola del país, reconoció y valoró la importancia de los fertilizantes para la producción, asumiendo entre sus líneas estratégicas de investigación aspectos sobre caracterización de suelos, métodos y procedimientos para contribuir al manejo y uso racional de los fertilizantes inorgánicos principalmente de origen industrial, así como, la evolución conceptual y filosófica para transitar hacia un modelo socioproductivo más agroecológico, humano y ético.

Para ello se hizo énfasis en los trabajos publicados desde los inicios del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), luego el fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) y ahora el INIA. Igualmente, se

da a conocer el potencial de los biofertilizantes para el manejo integral de la fertilidad de los suelos y su contribución en la agricultura sustentable referida en el artículo 305 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV).

Programa de análisis de suelo

En Venezuela el manejo convencional de la fertilidad del suelo se desarrolló y sustentó sobre la base de investigaciones de carácter empírico, cuyo objetivo principal estuvo dirigido a responder la siguiente pregunta: ¿Cuánto fertilizante aplicar? en función de la fertilidad de los suelos y los requerimientos de los cultivos.

Es así, como en el 1966 el Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) estableció un convenio de cooperación con la Universidad de Carolina del Norte de los Estados Unidos, con el propósito de integrarse al International Soil Testing Project con la finalidad de desarrollar un programa de análisis de suelo que permitiera seleccionar los métodos químicos más apropiados para la extracción de nutrimentos esenciales y generar las recomendaciones dirigidas a orientar la fertilización inorgánica (Carrero, 1985); aún cuando desde 1943 el laboratorio de la Sección de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la División de Investigación del MAC, realizaba análisis de suelo para los agricultores de diferentes regiones del país (Chirinos *et al.*, 1971).

A través del programa se avanzó en los procesos de selección de métodos para análisis de suelo, cuya primera etapa tenía como objetivo evaluar la eficacia de un conjunto de métodos químicos para extraer fósforo (P) y potasio (K). Para seleccionar el método más apropiado se debía alcanzar alta linealidad entre la extracción del método y la respuesta de la planta, como una medida de la eficacia del extractante.

Este proceso involucraba la selección de suelos en áreas agroecológicas representativas de la producción de los cultivos de importancia para la alimentación humana y animal, con diferentes niveles de disponibilidad de dichos nutrimentos a fin de generar las categorías de fertilidad.

La etapa de selección de métodos se realizó principalmente en condiciones de invernadero. Posteriormente, se determinó las dosis de fertilizantes más apropiadas para las categorías establecidas a través del proceso de calibración en campo (Carrero, 1985).

El trabajo titulado Recomendaciones Generales para la Fertilización de Cultivos en Venezuela (Figura 1) sintetiza los primeros avances obtenidos en lo que pudiera denominarse la primera etapa del proceso de calibración de análisis de suelo (González *et al.*, 1981), implementándose como criterio para orientar la fertilización, además del comportamiento de los cultivos en el campo, la respuesta a la disponibilidad de P y K en el suelo, obtenida a partir de los experimentos de calibración.

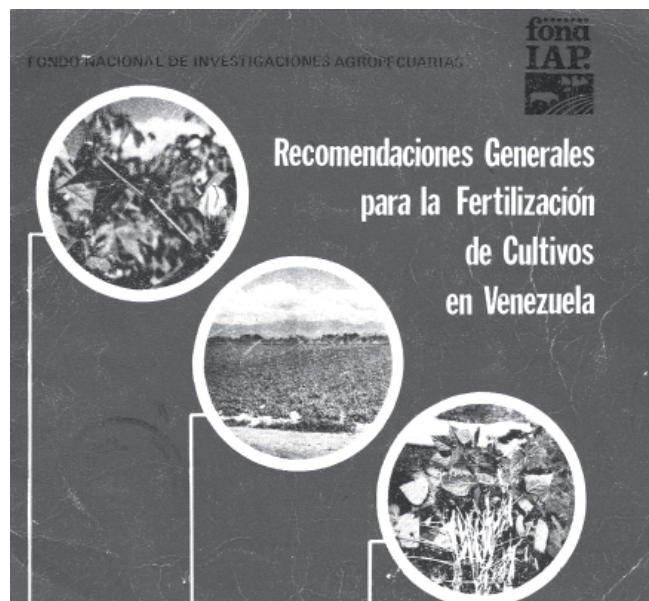


FIGURA 1. Primeras tablas de doble entrada con base a los análisis de suelo.

El método de Olsen (NaHCO_3 0,5 M) conjuntamente con el de Bray (HCl 0,025 N + NH_4F 0,03 N), fueron utilizados para extraer tanto P, como K, demostrando eficacia para la extracción de P en suelos provenientes de Yaracuy, Portuguesa, Barinas, Cojedes y algunos estados andinos. El primero en suelos de pH neutros o alcalinos y, el segundo, en suelos ácidos.

Mientras que la extracción de K con el método de Bray, correlacionó mejor con la respuesta de la planta indistintamente del pH (González *et al.*, 1978). Los resultados obtenidos en suelos representativos del estado Lara, mayoritariamente ácidos, señalan que Olsen y Bray extraían adecuadamente P, así como, Olsen y Morgan (ácido acético 3% + NaOAc 10%) lo hacían para K (Pérez *et al.*, 1979).

Los trabajos señalados anteriormente, aunados al conocimiento y experiencia del personal de investigación adscrito al Programa Nacional de Suelo, permitieron en 1979, mediante un nuevo convenio de cooperación internacional entre el MAC y la Organización de las Naciones Unidas, la creación del Servicio Nacional de Análisis de Suelo (Figura 2), con el objetivo de mejorar la productividad del sector agropecuario, así como, contribuir con el uso racional de los fertilizantes (FONAIAP-CENIAP, 1979).

Dentro de la estructura organizativa propuesta es importante destacar la definición de las unidades de suelo donde se llevarían a cabo los experimentos, lo cual es un indicio del conocimiento preciso que se tenía de la representatividad de las mismas y su relación con las áreas de producción de mayor importancia agrícola.

Con el formal establecimiento del Servicio Nacional de Análisis de Suelo, se lleva a cabo un segundo proceso de calibración, coordinado por Ricardo Ramírez, realizándose un gran número de experimentos por varios años consecutivos, incorporando localidades con limitaciones por acidez y una amplia gama de cultivos: caña de azúcar en los estados Lara, Portuguesa y Yaracuy (16); caraota en Táchira (10), cebolla en Lara (6), maíz en Apure, Guárico, Portuguesa, Monagas y Yaracuy (47); maní en Anzoátegui y Monagas (17); pasto en Guárico (3), plátano en Zulia (3), sorgo en Apure, Barinas, Guárico, Monagas y Portuguesa (58), tomate en Zulia (25) y yuca en Cojedes y Monagas (16), estos 201 experimentos fueron conducidos por personal de investigación de Programa Nacional de Suelo e incluso, personal adscrito a Programas de Cultivos, representando uno de los esfuerzos de mayor envergadura en lo que se refiere al establecimiento de una amplia red de ensayos experimentales a nivel de campo, donde se reivindica la figura organizativa de los programas en su capacidad de planificación y ejecución.

De la información publicada para los diferentes grupos de experimentos (Pereira *et al.*, 1986; Ramírez, 1989a, 1989b; Ramírez *et al.*, 1987, 1988, 1989a, 1989b, 1989c, 1990; se desprenden variaciones en los métodos y los niveles críticos de acuerdo con el cultivo (ver Cuadro). En el caso de P, los métodos Olsen y Bray mostraron la mayor consistencia con la respuesta de la planta dependiendo de la reacción del suelo; el primero con mayor efectividad en los experimentos realizados, fundamentalmente, en suelos neutros o alcalinos, y el segundo en suelos ácidos.

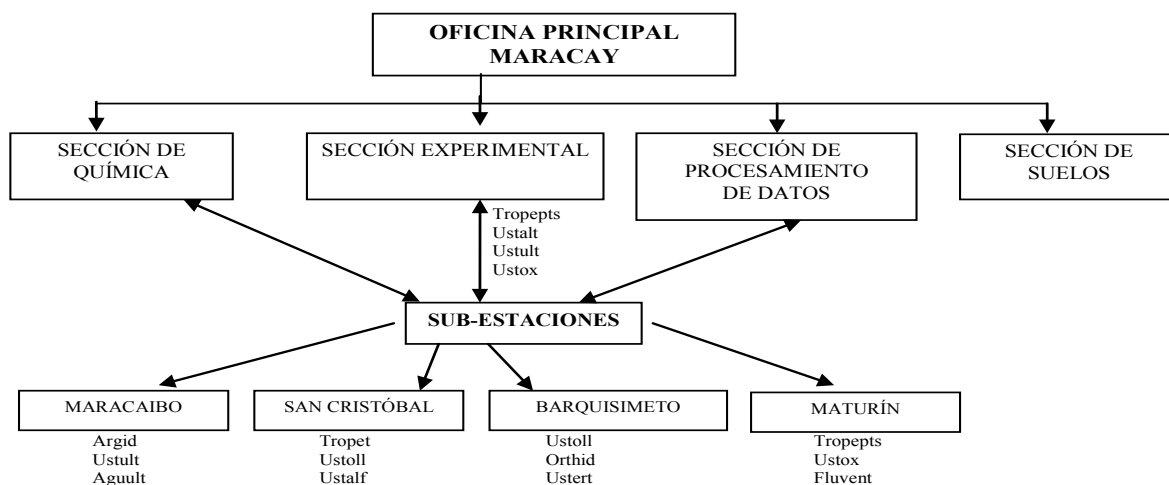


FIGURA 2. Propuesta de la estructura inicial del Servicio Nacional de Análisis de suelo del FONAIAP.

Sin embargo, los niveles críticos difieren con el cultivo, indicando que es necesario revisar este aspecto, debido a su impacto en la interpretación de los análisis y su relación con el requerimiento. Igualmente, dichas mejoras permitirían a futuro efectuar la síntesis de las relaciones nutritivas por cultivos, facilitando la elaboración de mapas que orienten la fertilización en ausencia de otro tipo de información, así como, mejorar los criterios utilizados por la industria de fertilizantes (PEQUIVEN), en la elaboración y distribución de formulaciones para los cultivos de mayor interés (cereales, frutales y hortalizas).

Por otra parte, se evidencia muy poca efectividad de los métodos evaluados para K, incluso el de mejor comportamiento, acetato de amonio, no coincide con el que actualmente está siendo utilizado por los laboratorios del INIA (K-Olsen); este hecho plantea la importancia de retomar la revisión de los criterios de interpretación para el diagnóstico de K en el suelo a través de la información disponible y realizar nueva experimentación si fuera necesario, teniendo en cuenta que las fuentes utilizadas en el país (cloruro de potasio, sulfato doble de potasio y magnesio y sulfato de potasio) son importadas y costosas.

CUADRO. Síntesis de los experimentos de calibración de análisis de suelo realizados en la década de 1980.

Cultivos	Nutrimiento	Extractante seleccionado	Niveles críticos mg kg ⁻¹	Variación de los requerimientos P ₂ O ₅ y K ₂ O kg ha ⁻¹
Caña (plantilla)	P	Olsen	8	0 – 169
	K	Olsen	64	0 – 298
Melón	P	Olsen	<5	65 – 20
	K*			
Maní	P	Bray 1	<2	80 – 50
	K	Acetato de amonio	<9	65 – 35
Maíz	P	Bray 1	<4	60 – 30
	K*			
Sorgo	P	Bray 1	<5	85 – 35
	K	Acetato de amonio	<24	60 – 25
Tomate	P	Olsen	<10	43 – 18
	K*			

*Información no publicada

El proceso de calibración de análisis de suelo debe contar con un seguimiento y ajuste permanente, siendo clave el trabajo organizado y sinérgico entre los laboratorios que conforman la red, así como, el personal de investigación que hace el acompañamiento técnico que trabaja a nivel de campo y en las unidades de distribución y comercialización.

Los criterios de las recomendaciones de N para los diferentes cultivos, se recogen en los instructivos de fertilización (Figuras 1, 3, 4, 6), los cuales provienen de las curvas de respuesta obtenidas a través de los experimentos de campo de carácter puntual, con la limitación de no haber sido concebidos bajo un esquema metodológico que les confiera mayor soporte para la extrapolación de los resultados. Sin embargo, existe información experimental disponible que puede ayudar a abordar el problema, ajustando las curvas para condiciones específicas de suelo y cultivo. Otro aspecto importante de la fertilización nitrogenada lo constituye el fraccionamiento, recomendado para los cultivos anuales en los suelos arenosos, como también para los mal drenados (López de Rojas *et al.*, 2008).

Por su parte, Delgado (2002) señaló que la repuesta a la fertilización nitrogenada se encuentra afectada por el contenido inicial del N mineral del suelo; proponiendo fertilizar cuando ese valor se encuentra por debajo de 40 mg N kg⁻¹ de suelo.

A través del método de restitución de la cantidad de nutrimentos extraídos del suelo, también, se ha logrado establecer criterios para la fertilización de los frutales, combinando la acción conjunta de los análisis de tejido y suelo (Avilán y Leal, 1990).

A partir de la eliminación del subsidio a los fertilizantes en la década del 1990 y la disminución del uso de fórmulas complejas por parte de los agricultores, se empezaron a reportar deficiencias de microelementos en cítricos, soya, maíz, sorgo y ajonjolí, habiéndose reportado Cu y Zn, como los de menor disponibilidad en los suelos de las mesas orientales (Quiñones, 1991). Este hecho motivó la ejecución de un proyecto para seleccionar los métodos más adecuados para la extracción de ambos elementos en catorce suelos ácidos provenientes de diferentes regiones del país.

Los resultados indicaron que el mejor método para la extracción de Zn correspondió al EDTA-Na con un nivel crítico de 2,4 mg Zn kg⁻¹ de suelo (Arrieché y Ramírez, 1997); en el caso de Cu se recomienda al EDTA con

un nivel crítico de 1 mg Cu kg⁻¹ de suelo (Rodríguez y Ramírez, 2005). A futuro es necesario determinar los requerimientos de fertilizantes a base de microelementos, en suelos con diferentes grados de disponibilidad y para diversos cultivos.

También, se considera impostergable la incorporación de aplicaciones con Sistemas de Información geográfica (SIG), con el propósito de delimitar áreas similares para las recomendaciones de fertilizantes.

Sistema experto para recomendaciones de cal

Simultáneamente, con el proceso de calibración de análisis de suelo, la investigadora Isaura López de Rojas lideró los trabajos para avanzar en la generación del conocimiento básico para corregir los problemas de acidez de los suelos, a través de la determinación de los requerimientos de cal (López de Rojas, 1982, 1983, 1986, 1987; Rodríguez y Tenias, 1983; López de Rojas y Comerma, 1985; López de Rojas y Sánchez, 1990).

En el trabajo titulado Recomendaciones para la Fertilización de Cultivos Cereales (Figura 3) aparecen publicadas diecisiete alternativas para orientar el uso de enmiendas calcáreas, considerando como criterios fundamentales: la textura y el nivel de pH para los suelos gruesos; se adiciona la saturación con calcio (Ca) para los suelos medios y finos, considerándose indirectamente por esta vía la saturación con aluminio y la capacidad amortiguadora del suelo (Carrero *et al.*, 1986).



FIGURA 3. Primeras reglas de decisión para las recomendaciones de cal con base en las propiedades físico-químicas de los suelos.

Además de la formulación del requerimiento de cal a través de las propiedades mencionadas, fue necesario conocer el grado de tolerancia a la acidez por parte de los cultivos, los requerimientos de calcio y magnesio desde el punto de vista nutricional, así como, la forma y época de aplicación de la cal.

Este conocimiento en combinación con otros aspectos más específicos, como por ejemplo, la edad y el radio de copa de la planta, en el caso de los frutales, ha sido sistematizado en lo que hoy se conoce como Sistema Experto para recomendaciones de Cal en los Suelos de Venezuela (Figura 4), el cual es una importante herramienta para la formulación de planes dirigidos a corregir los problemas de acidez para situaciones específicas de suelo y cultivo a través de los laboratorios de Servicio del INIA (López de Rojas y Silva de Zacarías, 2002).



FIGURA 4. Síntesis del conocimiento estructurado del sistema experto para las recomendaciones de cal.

El funcionamiento de esta herramienta permitió la transferencia directa de los resultados de investigación a los usuarios de los laboratorios, impactando directamente sobre el incremento de la fertilidad de los suelos, desde el punto de vista químico, contribuyendo a un mayor potencial de producción para aquellos materiales genéticos susceptibles a las condiciones de acidez.

Debido a la importancia de la superficie del territorio nacional afectada por acidez y deficiencias de P (70%), así como, la limitación que imponen estas condiciones para el uso eficiente de los fertilizantes; es obligatorio darle continuidad a la caracterización de los suelos ácidos bajo diferentes situaciones de manejo y cultivos, con el propósito de validar y enriquecer las reglas de decisión que hasta la fecha han sido establecidas, igualmente, es necesario migrar dicho sistema a un lenguaje de nueva generación bajo software libre.

En la actualidad, el INIA cuenta con un Manual de Alternativas de Recomendaciones de Fertilizantes para Cultivos Prioritarios en Venezuela (Figura 5) en el cual se ajustan las dosis de nutrimentos (N, P, K) en cultivos muy dependientes de procesos biológicos como cacao, café y leguminosas, cuyas recomendaciones convencionales inhibían la micorrización en cacao (López *et al.*, 2007) y la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas (España *et al.*, 2006). Asimismo, cuenta con una plataforma técnico-científica conformada por una red de ocho laboratorios de suelo, planta y enmienda para diagnóstico de fertilidad (en proceso de acreditarse con las normas de calidad ISO 17 025), los cuales se encuentran ubicados en los estados Anzoátegui (El Tigre), Aragua (Maracay), Barinas (Barinas), Guárico (Calabozo), Mérida (Mérida), Táchira (Táchira), Yaracuy (Yaritagua) y Zulia (Maracaibo); así como, tres salas de recepción de muestras de suelo en INIA Portuguesa (Araure), Monagas (Maturín) y Guárico (Valle de la Pascua) donde los productores pueden enviar sus muestras de suelo y de ahí son ingresadas a los laboratorios de la zona de influencia para su análisis correspondiente (Figura 6).



FIGURA 5. Compilación actual de los instructivos de fertilización

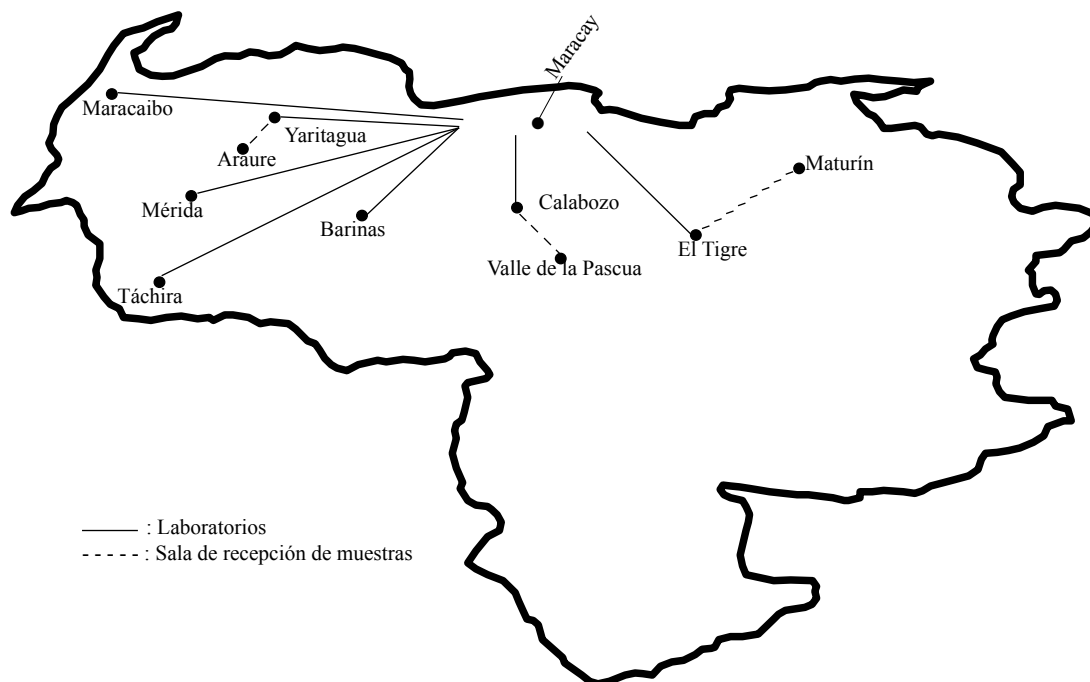


FIGURA 6. Red de laboratorios de suelo, planta, agua, enmiendas y salas de recepción de muestras del INIA.

Eficiencia de uso de los fertilizantes bajo diferentes prácticas de manejo

A partir de la década de 1990 se dirigió mayor atención a la forma de aplicación de los fertilizantes, respondiéndose a las preguntas: ¿Cómo? y ¿Cuándo? aplicarlos, debido a las diferencias en la respuesta de los cultivos a la forma de aplicación (voleo, banda, enterrado, superficial); procurando una mayor eficiencia o aprovechamiento de los nutrientes provenientes de las diferentes fuentes inorgánicas disponibles (fórmulas simples y compuestas) de origen industrial.

Se publicó información relacionada con la eficiencia de uso de los fertilizantes para tomate bajo riego en la planicie de Maracaibo, encontrándose que la colocación del fosforado por debajo de la planta al momento de levantar los camellones, alcanzó una eficiencia de uso de 296 kg de tomate por kilogramo aplicado. Mientras que para el caso de los potásicos, se obtuvo mayor eficiencia, 233 kg de tomate por kilogramo usado, cuando se colocó por debajo y a un lado de la planta (Ramírez *et al.*, 1991).

Estos resultados ponen de manifiesto el patrón de comportamiento particular que sigue cada elemento de acuerdo con su dinámica en el suelo y la complejidad

para sincronizar las técnicas que apuntalen la eficiencia de uso de todos los elementos.

Igualmente, se determinaron valores de eficiencia de uso en N utilizando técnicas isotópicas (^{15}N) para maíz y arroz de secano: el primer caso en la altiplanicie del estado Cojedes, reportándose valores de eficiencia de uso de 18,79%; 23,03% y 23,69%, cuando fueron colocados 120 kg N ha⁻¹ utilizando voleo con rastra, voleo con disco y en banda, respectivamente (Delgado *et al.*, 2001).

De la misma forma, en vertisoles de la altiplanicie del norte del Guárico, con limitaciones por drenaje interno y permeabilidad, fueron determinadas eficiencias de 49,6%, 62% y 65,9%, cuando se aplicaron 150 kg N ha⁻¹, con dos pase de rastra cruzados, un pase cruzado de cincel más siembra directa y siembra directa, respectivamente (Cabrera de Bisbal, 2002).

Mientras que en un suelo Kandic Plinthustults ácido bajo condiciones de arroz de secano de la altiplanicie del occidente de Guárico, Alfonso *et al.* (2005) se determinó eficiencias mayores al fraccionar las dosis de N (80 y 100 kg ha⁻¹) en dos cultivares de arroz (FONAIAP 2000 y CT-102), encontrándose igual eficiencia de recuperación del N (42%) en ambos materiales con la menor dosis (80 kg ha⁻¹). Cuando se utilizó la dosis de

100 kg N ha⁻¹ se redujo significativamente la eficiencia de N en 12% en ambos cultivares; los rendimientos oscilaron entre 4,5 y 5,4 t ha⁻¹, correspondiendo el mayor valor al FONAIAP 2000.

Estos resultados muestran muy baja eficiencia de recuperación del N, así como diferencias significativas dependiendo de las condiciones agroclimáticas, especie, cultivar y prácticas de manejo, lo que justifica seguir investigando sobre los factores que influyen directamente en la baja eficiencia de recuperación de nutrimentos provenientes de los fertilizantes.

Asimismo, se aportó información para el uso de rocas fosfóricas naturales y aciduladas, cuyo potencial se comprobó en suelos ácidos con cultivos perennes (López de Rojas *et al.*, 1994) y de ciclo corto (Ramírez y López, 2000; López *et al.*, 2006a) en diferentes regiones de Venezuela. Por otro lado, se determinó algunos mecanismos de eficiencia de utilización del P por parte de cultivares con distintos grados de tolerancia a la toxicidad de aluminio, utilizando fuentes de P de baja y alta solubilidad en suelos contrastantes (Ramírez y López, 2000; López *et al.*, 2007).

Actualización de las herramientas utilizadas para el diagnóstico de la fertilidad

Del análisis de la información anterior, se desprenden algunas propuesta para mejorar aspectos conceptuales y de sistematización de los instrumentos desarrollados para el manejo de la fertilidad de los suelos y los fertilizantes:

1. La actualización conceptual de las herramientas utilizadas para el diagnóstico de la fertilidad de los suelos, debe abarcar:

- 1.1. Revisión de los criterios actuales para la interpretación de los análisis a través de la información disponible.
 - 1.2. Diseño de una red de experimentos con participación de las organizaciones comunitarias, utilizando los nuevos materiales genéticos, áreas agroecológicas representativas, incorporando fuentes de fertilización biológicas y orgánicas.
 - 1.3. Determinación de los requerimientos de micronutrientes y caracterización de la acidez bajo condiciones específicas de manejo y cultivo.
2. Representación espacial de las relaciones nutritivas de los suelos (N-P-K), pH y materia orgánica, con la finalidad

de orientar la fertilización en ausencia de otro tipo de información, así como, la producción industrial de los fertilizantes (tipos y distribución de productos).

3. La creación de una Red Nacional de Laboratorios con protocolos estandarizados y de calidad, con capacidad para producir diagnósticos y recomendaciones consecuentes con la realidad del campo, a fin de consolidar el proyecto de la Red Social de Mezclado de Fertilizantes que lleva adelante PEQUIVEN.

4. El desarrollo de un sistema de información que opere en tiempo real y de forma interactiva, con el propósito de viabilizar la difusión del conocimiento estructurado, la captura de nuevos aspectos y observaciones de interés para los usuarios (comunidades, agricultores, industria, organismos de desarrollo, entre otros) e incorporación de las reglas de decisión del Sistema de Experto para las Recomendaciones de Cal.

5. Diseño de un programa (conducente o no conducente a grado académico) para formar a los nuevos promotores (as) sociales, extensionistas agrícolas y egresados (as) de las escuelas agropecuarias con énfasis en profesionales que se desempeñen a nivel de campo y realicen el acompañamiento agrícola, así como a los pequeños y medianos agricultores (as).

De la agricultura de altos insumos al modelo agroecológico

La agricultura bajo el modelo de producción de altos insumos contribuye a las emisiones de carbono a la atmósfera (Houghton y Skole, 1995), subvalora el suelo como sistema viviente y, por ende, los procesos benéficos del agrosistema, cuyo efecto antropogénico, además de inhibir los procesos biológicos de los ecosistemas (Altieri, 1999), afecta drásticamente su dinámica, sustentabilidad y la biodiversidad alcanzada en condiciones tropicales, ya que la biota y su comportamiento son claves en agroecosistemas sustentables y particularmente en la calidad del suelo, afectando su fertilidad natural y causando más dependencia de insumos externos en los sistemas de producción.

Las altas aplicaciones de fertilizantes y enmiendas, junto al control de plagas y enfermedades, han sido aspectos de los paquetes tecnológicos que han dado lugar a un uso elevado de agrotóxicos e intensiva mecanización agrícola, generando problemas de degradación de suelos (Torres *et al.*, 2005). Con relación a los primeros, a manera de ejemplo, se puede señalar la disminución de la simbiosis micorrízica en zonas cacaoteras de la costa

aragüeña (López *et al.*, 2007) y problemas de desbalance nutricional en el duraznero en la Colonia Tovar, estado Aragua (INIA-CENIAP, 2002), lo cual ha producido efectos detrimentales para la producción y el ambiente.

El manejo con principios agroecológicos de los agroecosistemas surge como alternativa para minimizar los impactos negativos del modelo de altos insumos, conceptualizando la fertilidad del suelo integralmente, es decir, valorando con equidad los aspectos biológicos, químicos y físicos del suelo. Con este enfoque se iniciaron trabajos de campo de largo plazo en suelos de muy baja fertilidad natural, incluyendo prácticas que combinan el uso de abonos orgánicos locales e inorgánicos, cultivares tolerantes a la acidez, roca fosfórica y rotación de cultivos (Figura 7).

Entre los resultados obtenidos con dichas prácticas se señalan, incremento en la disponibilidad de nutrientes, acumulación de materia orgánica, reducción de aluminio intercambiable y aumento en los rendimientos de los cultivos indicadores (López *et al.*, 2006a, 2006b), acti-

vación de la biota benéfica y procesos de micorrización (Toro *et al.*, 2008), así como, la fijación biológica de nitrógeno (FBN) sin necesidad de encalar, aplicando dosis bajas de molibdeno ($0,02 \text{ mg ha}^{-1}$), lográndose obtener en quinchoncho niveles de FBN de 78% y en forrajeras nativas 71% (España *et al.*, 2006) utilizando N^{15} . También fue determinada la presencia de bacterias solubilizadoras de fósforo (SF) y fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL), con potencial para ser utilizadas como biofertilizantes en el país y en la activación de otros mecanismos bioquímicos como la deshidrogenasa e inhibición de la fosfatasa ácida (López, 2010).

En otros trabajos realizados en un suelo vertisol de alta fertilidad, al sur del estado Aragua y norte de Guárico, pero con limitaciones por drenaje interno y permeabilidad, se ha encontrado que la rotación de cultivos, los residuos de cosecha y la labranza conservacionista, activan enzimas importantes en ciclos biogeoquímicos (España *et al.*, 2002), igualmente, esta última aumentó la eficiencia de FBN en soya (España *et al.*, 2000).



FIGURA 7. Vista de experimento con principios agroecológicos en suelos ácidos del estado Guárico. A. siembra de sorgo, crotalaria y añil colocado sobre la superficie como abono verde; B: sorgo al frente y crotalaria en floración al fondo, antes de ser cortada y aplicada como abono verde; C: Añil en floración antes de ser aplicado al suelo.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados inorgánicos de forma excesiva inhiben los procesos que sustentan la fertilidad natural de los suelos, mientras que el manejo agroecológico puede favorecerlos (López *et al.*, 2007; López, 2010; Toro *et al.*, 2008; España *et al.*, 2006), lo cual permite a la planta expresar mecanismos tales como exudación de ácidos orgánicos, activación de enzimas como la fosfatasa ácida y cambios en el pH del suelo, mejoras en la estructura del suelo, entre otros.

Además de las prácticas señaladas, se pudo aumentar la capacidad productiva del suelo a bajo costo ambiental, a través de inoculaciones directas con microorganismos debidamente seleccionados por su efectividad y compatibilidad cepa-suelo-cultivo (López *et al.*, 2008). En este sentido, los biofertilizantes constituyen una alternativa sustentable para desarrollar una agricultura más sana y menos costosa, representando uno de los pilares fundamentales de la sustentabilidad agrícola (Martínez-Viera *et al.*, 2006).

Desarrollo de los biofertilizantes para una agricultura sustentable

Las investigaciones orientadas a la utilización de biofertilizantes en el país, como alternativa o complemento de los fertilizantes inorgánicos de origen industrial se remontan a finales de la década de 1940, con un trabajo pionero de la Sección de Microbiología Agrícola de la Dirección de Agricultura del MAC (Figura 8), se demostró los beneficios de la inoculación, con cepas nativas de *Rhizobium*, en leguminosas como caraota, frijol y quinchoncho (Savostin, 1950). Posteriormente, se evaluaron cepas de *Rhizobium* para maní y frijol (Ayala, 1974; Ayala, 1977).

No obstante, a finales de 1977 el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) inició un proyecto de investigación con el objetivo de producir un inoculante nacional; teniendo como resultado el desarrollo del Nitrobac, un biofertilizante basado en cepas nativas de *Rhizobium* (Williams y Sicardi, 1982), el cual se utilizó satisfactoriamente a finales de 1980 para leguminosas de grano (soya, maní y caraota) y forrajeras (*Leucaena*, *Stylosantes*, *Siratro* y *Centrosema*). Su producción alcanzó en el 1990 la cobertura de una demanda de 15 000 ha; sin embargo, en 1991 la patente fue vendida a la empresa privada (Freites, 2006) y tiempo después el producto desapareció del mercado; desperdiándose así, años de investigación y recursos financieros erogados por el Estado para la generación de esta biotecnología.

En 1991, bajo la coordinación del investigador Ramón Gutiérrez[†], el INIA inició un proyecto de investigación para evaluar la potencialidad de la asociación simbiótica *Azolla anabaena* como biofertilizante en los arrozales venezolanos cuya productividad oscila entre 250 - 1 340 kg N ha⁻¹, realizándose una colecta a nivel nacional con el propósito de crear un banco de germoplasma, en el cual fueron identificadas asociaciones promisorias en razón de su tasa relativa de crecimiento, tiempo de duplicación de la biomasa y tasa de fijación de nitrógeno, esta última con valores entre 13 y 40 kg N ha⁻¹ (España *et al.*, 2006; Espinoza y Gutiérrez, 2003, 2006).

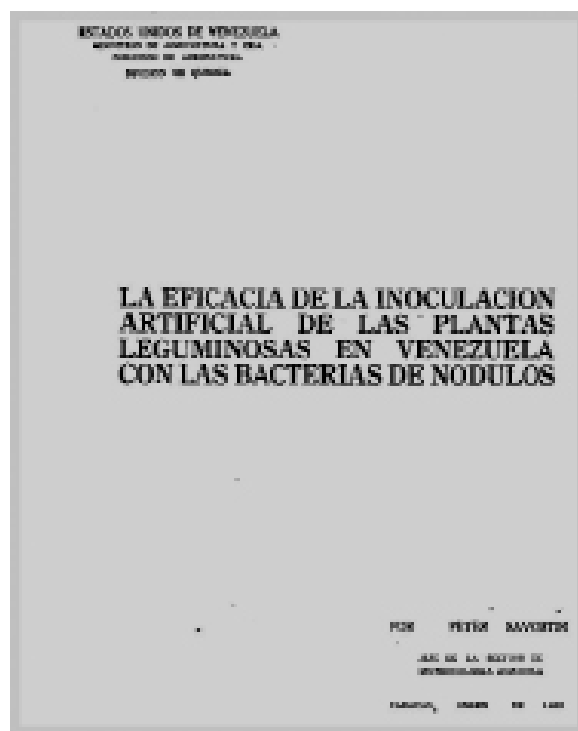


FIGURA 8. Trabajo pionero publicado en el área de inoculación.

Estas cepas (Figura 9A) constituyen una oferta biotecnológica para escalar la producción de biofertilizantes a utilizar en sistemas de producción agroecológicos como los que están siendo implantados en el estado Apure y en la producción de arroz agroecológico en el Delta Amacuro, considerando sus condiciones edáficas (suelos pesados, mal drenaje) y la fragilidad de los ecosistemas naturales. También, es una alternativa para las principales áreas cultivadas con arroz en Guárico, Portuguesa y Barinas.

En 1999, mediante la cooperación de dos proyectos de leguminosas, en el marco de la Agenda Biodiversidad del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT), el INIA inició una colecta a nivel nacional de cepas de *Rhizobium*, para leguminosas comestibles y forrajeras (Figura 9B), las 47 cepas aisladas a través de estos proyectos dieron origen al Cepario Nacional del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA) ubicado en Maracay, estado Aragua.

Recientemente, en el marco del Convenio de Cooperación Internacional entre la República Bolivariana de Venezuela y la República de Cuba, el INIA inició el proyecto: Innovación Tecnológica en Biofertilizantes para Agrosistemas Venezolanos Sustentables (Código

7-281-150-341), cuyo objetivo fue desarrollar una oferta biotecnológica para contribuir con el manejo integral de la fertilidad de los suelos, a fin de mejorar las recomendaciones de fertilizantes que se generan a partir de los análisis de suelo en el marco de una agricultura agroecológica (López *et al.*, 2009).

A través de este proyecto de cooperación se realizó aislamientos, evaluaciones y selección de microorganismos nativos, tanto simbiotes como asociativos, provenientes de diferentes agroecosistemas del país, encontrándose que las cepas de *Rhizobium*, pueden aportar a las leguminosas desde 40 al 100% del N requerido por estas especies, dependiendo de las condiciones agroecológicas, la fertilidad inicial del suelo y las prácticas de manejo.

A



B



B



FIGURA 9. A) Colecta de *Azolla anabaena*; B) Colecta de cepas de *Rhizobium*, ubicadas en el Cepario Nacional del INIA-CENIAP.

Estimaciones de la FBN utilizando ^{15}N en los llanos centrales, demostraron que pueden aportar en leguminosa de grano, hasta 67% en la soya (España *et al.*, 2000) y 79% para el Quinchoncho (España *et al.*, 2006); mientras que, en leguminosas forrajeras 53% y 71% para *Crotalaria* e *Indigofera* (España *et al.*, 2006). Estos últimos logrados con manejo agroecológico de suelos ácidos en sabanas del estado Guárico, como se muestra en la Figura 7.

Con relación a los microorganismos de vida libre, no se encontraron trabajos publicados en el INIA anteriores a los Proyectos 7-281-150-341 y Evaluación de Prácticas de Manejo Conservacionista en Suelos Ácidos del municipio Espino-Guárico en un Sistema de Producción Cereal - Leguminosa, código: S1-2002000391 y es que a través de estas estructuras programáticas que se inician los aislamientos de cepas asociadas a la rizósfera o de vida libre, identificándose rizobacterias FNVL, cuyas evaluaciones muestran potencial para aportar entre 40 y 50 kg N ha⁻¹ a distintos agrosistemas, lo que significa que pueden cubrir los requerimientos hasta en un 50%, cuando la dosis recomendada para el cultivo alcance un valor de 100 kg N ha⁻¹.

También, se identificó solubilizadoras de fósforo (SF), las cuales pudieran contribuir hasta con un 70% de los requerimientos de P en los cultivos; estas rizobacterias (FNVL y SF) pueden utilizarse en todos los cultivos de interés socioproductivo, cereales, hortalizas, frutales, pastos, café y cacao. El mayor potencial de las SF se obtuvo en suelos con altos contenidos de P-total.

Estas bacterias evaluadas en invernadero y campo, demostraron ser rizobacterias con potencial para estimular el crecimiento vegetal (RECV) o su siglas en inglés PGPR (Plant Growing Promoting Rhizobacterias), a través de la liberación de sustancias de crecimiento (López *et al.*, 2009).

El Cepario Nacional dispone en estos momentos de una oferta biotecnológica para escalar hacia la producción de biofertilizantes, conformada por mas de 62 cepas de *Rhizobium*, tanto para leguminosas de grano (*Phaseolus vulgaris*, *Vigna unguiculata*, *Cajanus cajan*, *Glycine max*) y maní (*Arachis hipogaea*), como para forrajeras (géneros *Centrosema*, *Desmodium* y *Stylosantes*) y más de 200 microorganismos de vida libre (SF y FNVL) aislados de diferentes rizósferas de sistemas de producción y condiciones agroecológicas del país. Así como, un banco de germoplasma de 16 asociaciones de *Azolla anabaena*.

Con apoyo del Programa de Tecnología Agropecuaria del INIA, en el estado Aragua (Convenio Cuba-Venezuela), el Fonacit proyecto S1- 2002000391 y el Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI), se conformó el laboratorio de Referencia Nacional de investigación e innovación en biofertilizantes “Bolívar Conservacionista”, el cual se encuentra en funcionamiento, apoyando a diferentes centros de investigación del INIA, universidades, comunidades y cooperativas agrícolas, en el aislamiento de microorganismos nativos con potencial para ser utilizados como biofertilizantes, en la evaluación en campo con diferentes cultivos, se orienta y forma talento humano en los procesos, en métodos para aislar y evaluar las cepas.

Las mejores cepas seleccionadas a través de los proyectos 7-281-150-341 y Fonacit S1-2002000391 de *Rhizobium* (Rh), *Azotobacter* (FNVL) y *Bacillus megatherium* (SF), están siendo utilizadas como base biológica para la elaboración de tres líneas de biofertilizantes (Figura 10) que se producen en los laboratorios semindustriales de Cojedes, Mérida, Táchira, Trujillo, Cojedes, Guárico, Portuguesa y Barinas, adscritos al INSAI, incluyendo el ubicado en el Centro Genético Socialista Florentino.



FIGURA 10. Biofertilizantes líquidos producidos en los laboratorios de producción semiindustrial adscritos al Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI).

Entre las estrategias asumidas por el Estado Venezolano para desarrollar una agricultura libre de agrotóxicos y consolidar la plataforma biotecnológica se señalan:

1. Rango constitucional de la agricultura sustentable como base estratégica del desarrollo rural integral

(Artículo 305 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela 1999).

2. Promulgación de leyes conducentes a facilitar los procesos agroecológicos, como la Ley de Salud Agrícola Integral-2008 (Artículos 48, 49,50).

3. Implantación de una plataforma biotecnológica conformada por una Red de 27 laboratorios de producción de bioinsumos a nivel semi-industrial, de los cuales están activados 15 de biocontroladores de plagas y enfermedades y 10 de biofertilizantes, con la finalidad de beneficiar una superficie aproximada de 500 000 ha año⁻¹ (25% del área agrícola nacional). Igualmente, se dispone de la Unidad de Producción Social de Bioinsumos Agrícolas adscrito al INIA, que permite fortalecer los laboratorios de investigación para avanzar en estas líneas y en el desarrollo de tecnologías.

A través de estas estrategias se favorecen las gestiones y el seguimiento de los procesos de investigación, producción, distribución, intercambio comercial y aplicación de los bioinsumos (biofertilizantes y biocontroladores) en los distintos agroecosistemas del país, lo cual contribuirá a que los conocimientos y biotecnologías generadas en los últimos años no sean minimizadas o excluidas del manejo integral de la fertilidad, bien sea, por empresas que impulsan el modelo capitalista de altos insumos o, a través de resistencias internas a cambios de paradigmas emergentes, tal como ocurrió en su momento con el bioproducto Nitrobac desarrollado exitosamente por el IVIC.

Es pertinente mencionar que los avances obtenidos a través del proyecto: Innovación Tecnológica en Biofertilizantes para Agrosistemas Venezolanos Sustentables (convenio Cuba-Venezuela), fue posible a través de la conformación de equipos interinstitucionales, donde destacan los trabajos del INIA Falcón y Lara, los cuales avanzan en los aislamientos, selección de cepas nativas de vida libre, simbióticas (*Rhizobium* y micorrizas) y producción artesanal de micorrizas, conjuntamente con cooperativas, comunidades agrícolas y acompañamiento técnico-científico del CENIAP, universidades: Universidad "Simón Rodríguez" (USR), Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYTE), Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y Facultad de Agronomía de la Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado" (UCLA).

En INIA Mérida se iniciaron aislamientos de cepas nativas luego de manejos agroecológicos de agroecosis-

temas de interés social, mientras que en INIA Trujillo, Yaracuy y Guárico se plantean proyectos para promover trabajos en biofertilizantes, pero se requiere fortalecer las infraestructuras, principalmente invernaderos y laboratorios para lograr avanzar más contundentemente en esta línea estratégica.

Se dispone en INIA Anzoátegui de un laboratorio de investigación en biofertilizantes, que actualmente adelantan trabajos en el marco del convenio con la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), el cual se realizan aislamientos y evaluación de *Rhizobium* nativos para leguminosas forrajeras, con el propósito de aplicar inóculos para la producción de Centrosema.

Asimismo, se aíslan y evalúan cepas nativas para soya, contrastando con inóculos comerciales y RECV. De esta manera, se avanza en la evaluación de sustratos orgánicos locales como soporte para los inoculantes.

CONCLUSIONES

- El INIA a través de cinco décadas de investigación e innovación ha puesto al servicio del país un conjunto de herramientas de diagnóstico para racionalizar el uso de fertilizantes y enmiendas.
- Se demuestran las técnicas relacionadas con las formas y épocas de aplicación de estos insumos para mejorar su eficiencia de uso e incrementar la capacidad productiva de los suelos.
- En el marco de la agricultura sustentable, el INIA trabaja en la incorporación de fuentes biológicas y orgánicas para sustituir en forma total o parcial los requerimientos de abonos industriales en los cultivos de importancia para la alimentación animal y humana, a fin de trascender hacia una agricultura más sana desde el punto de vista Holístico (ambiental y humano).
- La disponibilidad de las tecnologías generadas por el INIA o por otras instituciones de ciencia y tecnología no fueron suficientes para evitar la expansión del modelo productivista de altos insumos, debido fundamentalmente al marco normativo comunicacional, económico y tecnológico que se utilizó para el manejo de los recursos naturales, lo cual influyó en los modos de producción y consumo de la sociedad.
- Es necesario una actuación concertada de los sistemas de ciencia, tecnología, producción y educación para

transformar las bases conceptuales de dicho modelo, y la lógica capitalista que lo domina, para darle paso al Modelo Agrario Socialista donde la producción de alimentos sanos, la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, la salud ambiental y de la familia, sean garantizados junto a la seguridad y la soberanía alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonzo, N., M. España, M. López y E. Cabrera. 2005. Fraccionamiento del N del fertilizante en el cultivo de arroz, bajo condiciones de secano en un suelo ácido del estado Guárico. **In:** Memoria XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay-Venezuela. 4 p.
- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:19-31.
- Arrieché, E. and R. Ramírez. 1997. Soil test for available zinc in acid soil of Venezuela. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 28(17-18):1 471-1 480.
- Avilán, L. y F. Leal. 1990. Suelos fertilizantes y encalado para frutales del trópico. Editorial America, Caracas. 459 p.
- Ayala, L. 1974. Evaluación preliminar de la eficiencia de *Rhizobium* de maní aislado de cuatro zonas geográficas de Venezuela. *Agronomía Trop.* 24(5):353-363.
- Ayala, L. 1977. Estudio de algunos aspectos de la fijación simbiótica de nitrógeno por el maní (*Arachis hypogaea*). III. Dinámica de la fijación y factores relacionados. *Agronomía Trop.* 27(5):549-565.
- Cabrera de Bisbal, E. 2002. Las técnicas isotópicas en la dinámica de nitrógeno en el continuo suelo-planta de agrosistemas en Venezuela. *Venesuelos.* 11(1-2):30-39.
- Carrero, L. 1985. Experiencia mundial sobre el uso de la solución extractora de Olsen para determinación de fósforo y potasio. FONAIAP-CENIAP-INIA. Generales. Maracay. Venezuela. 63 p.
- Carrero, L., J. Gilabert de Brito, T. R. González, I. López de Rojas, R. Pérez de Roberti, R. Ramírez y A. Sánchez. 1986. Recomendaciones generales para la fertilización de cultivos cereales. FONAIAP-CENIAP-INIA. Generales. Maracay. Venezuela. 52 p.
- Chirinos, A., J. Gilabert de Brito e I. López de Rojas. 1971. Características de fertilidad de algunos suelos venezolanos vistos a través de los resúmenes de análisis rutinarios. *Agronomía Trop.* 21(5):397-409.
- Delgado, R. 2002. Evaluación del crecimiento del maíz y absorción de nitrógeno bajo diversas condiciones de disponibilidad del elemento en un Mollisol de Venezuela. *Agronomía Trop.* 52(1):5-22.
- Delgado, R., R. Ramírez y S. Urquiaga. 2001. Colocación del nitrógeno en el suelo y la eficiencia de uso por el maíz. *Agronomía Trop.* 51(3):337-350.
- España, M., E. Cabrera de Bisbal y B. Rodríguez. 2000. Evaluación de la fijación biológica del nitrógeno de la soya en dos sistemas de labranza mediante la utilización de ¹⁵N. **In:** Peña Cabriaes J.J. (Ed). La fijación biológica del nitrógeno en América Latina: El aporte de las técnicas isotópicas Irapuato, México. 120 p.
- España, M., B. Rodríguez, E. Cabrera de Bisbal y B. Cecanti. 2002. Actividades enzimáticas y contribución de los residuos de cosecha de maíz al nitrógeno del suelo en sistemas de labranza, en los llanos centrales, Venezuela. *Terra Latinoamericana.* 20:81-86.
- España, M., E. Cabrera de Bisbal and M. López. 2006. Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from venezuelan savannas using ¹⁵N. *Interciencia.* 31(3):197-201.
- Espinoza, Y. y R. Gutiérrez. 2003. Variabilidad intraespecífica de *Azolla filiculoides*, colectadas en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 20:156-167.
- Espinoza, Y. y R. Gutiérrez. 2006. Caracterización agromónica de accesiones de *Azolla* de Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 23:135-150.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP-CENIAP). 1979. Proyecto "Servicio Nacional de Análisis de suelos y fertilidad". Publicación Miscelánea Nº 11, 22 p.
- Freites, Y. 2006. Acerca de como un instituto académico construyó una industria: el caso del IVIC y la planta de hemoderivados sanguíneos (1976-2000). *Espacios* 27(2).

- González, R., A. Chirinos, L. Avilán, R. Pérez, L. Vilain, F. Blanco y L. Marcovic. 1978. Informe sobre el proyecto "Evaluación de métodos de laboratorios para el análisis de fósforo y potasio disponible en el suelo". M.A.C. FONAIAP-CENIAP. IIAG. Sub-programa nacional de suelos. Maracay, Venezuela. 92 p.
- González, R., L. Ayala, J. Gilabert de Brito y A. Chirinos. 1981. Recomendaciones generales para la fertilización de cultivos en Venezuela. FONAIAP. 62 p.
- Houghton, R. A. and D. L. Skole. 1995. Carbon. **In:** Turner II, B. L. W. C. Clark, R. W. Kates, J. F. Richards, J. T. Mathews and W. B. Meyer (eds), *The Hearth as Transformed by Human Action*. Cambridge University Press. New York. 339- 408 pp.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP). 2002. El duraznero en Venezuela. Maracay. 123 p. (Serie B. N° 4).
- López de Rojas, I. 1982. Requerimientos de cal en suelos de Venezuela. I. Correlación entre métodos químicos y el de incubación. *Agronomía Trop.* 32(1-6):125-145.
- López de Rojas, I. 1983. Requerimientos de cal de los suelos de Venezuela. II. Evaluación de métodos químicos a través de la respuesta del cultivo del algodón (*Gossipium hirsutum* L.). *Agronomía Trop.* 33(1-6):83-110.
- López de Rojas, I. y J. Comerma. 1985. Caracterización de los suelos ácidos de Venezuela basada en algunas propiedades físicas y químicas. *Agronomía Trop.* 35:83-102.
- López de Rojas, I. 1986. Efecto de diferentes fuentes de enmiendas sobre la reacción del suelo y respuesta del cultivo del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) *Agronomía Trop.* 36(1-3):129-141.
- López de Rojas, I. 1987. Criterios para la recomendación de cal en frutales perennes. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. 9 p. (Serie D N° 11).
- López de Rojas, I. y A. Sánchez. 1990. Criterios para recomendaciones de cal en suelos ácidos de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay. 32 p. (Serie B N° 8).
- López de Rojas, I. y M. Silva de Zacarías. 2002. Sistema de experto para recomendaciones de cal en los suelos de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay. 47 p. (Serie D, N° 3).
- López de Rojas, I., M. López y N. Alfonso. 1994. Efecto de dos fuentes de fósforo sobre el rendimiento del pasto *Andropogon gayanus* en cuatro suelos con propiedades físicas y químicas variables. *Agronomía Trop.* 44(1):67-80.
- López de Rojas, I., N. Alfonso, N. Gómez, M. Navas y P. Yáñez. 2008. Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay. 400 p. (Serie B N° 18).
- López, M., N. Alfonso, A. Florentino y M. Pérez. 2006a. Dinámica del fósforo y reducción del aluminio intercambiable en un suelo Ultisol sometido a manejo conservacionista. *Interciencia* 31(4):293-299.
- López, M., A. Bolívar, M. Salas y M. De Gouveia. 2006b. Prácticas conservacionistas y rotación con quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Alternativas sustentables para los agroecosistemas de sabanas de Guárico, Venezuela. *Agronomía Trop.* 56(1):75-109.
- López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrizicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. *Agronomía Trop.* 57(1):31-43.
- López, M., R. Martínez-Viera, M. Brossard Fabré, A. Bolívar, N. Alfonso, A. Alba y H. Pereira Abreo. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Trop.* 58(4):391-401.
- López, M., B. Rodríguez y A. Bolívar. 2009. Estrategias del estado venezolano para consolidar el uso de biofertilizantes en la agricultura. **In:** *Memorias del XVIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Santa Bárbara del Zulia, UNESUR.
- López, M. 2010. Manejo agroecológico del sistema sorgo-frijol. Efecto sobre la fertilidad del suelo y microorganismos con potencial para biofertilizar agroecosistemas venezolanos. Tesis de doctorado. Postgrado en Ciencia del Suelo. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. 210 p.

- Martínez-Viera, R., M. López, M. Brossard, F. Tejeda, H. Pereira, C. Parra, J. Rodríguez y A. Alba. 2006. Procedimientos para el estudio y fabricación de Biofertilizantes Bacterianos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay. Venezuela. 81 p. (Serie B N° 11).
- Pereira, P., G. Piñero, M. Rodríguez y J. Valladares. 1986. Respuesta de la plantilla de caña de azúcar a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en la región centro occidental. *Caña de azúcar*. 4(2):85-123.
- Pérez, M. J., B. Truong y J. C. Fardeau. 1995. Solubilidad y eficiencia agronómica de algunas rocas fosfóricas venezolanas (naturales y modificadas) mediante el uso de técnicas isotópicas. *Agronomía Trop.* 45(4):483-505.
- Pérez, R., J. Gilabert de Brito y G. Palma. 1979. Interpretación de análisis de suelos mediante ensayos de invernadero. I. Suelos de la zona andina del estado Lara. *Agronomía Trop.* 29(1):31-58.
- Quiñones, A. 1991. Características de fertilidad de los suelos venezolanos vistas a través de los resúmenes de análisis rutinarios IV. Disponibilidad de micronutrientes (cobre, zinc, hierro y manganeso) en la región oriental. FONAIAP-Estación Experimental de Anzoátegui. 24 p. (Serie C. N° 35).
- Ramírez, R., T. Rodríguez, A. Millán, C. Hernández, E. Guzmán, J. Tenías y A. Chirinos. 1987. Relación del fósforo disponible del suelo con el requerimiento y respuesta del sorgo a la fertilización con este elemento. *Agronomía Trop.* 37(1-3):85-98.
- Ramírez, R., M. Beg, O. Colmenares, E. Meléndez, P. Marbal, F. Blanco, E. Guzmán, C. Hernández y A. Chirinos. 1988. Relación entre la respuesta del maíz a la aplicación de fósforo y el P asimilable del suelo. *Agronomía Trop.* 38(1-3):5-20.
- Ramírez, R., J. Tenías, L. C. de Silva, T. Rodríguez y A. Chirinos. 1989a. Calibración de cuatro métodos de análisis de suelo con la respuesta del maní a la fertilización con fósforo. *Agronomía Trop.* 39(1-3):5-21.
- Ramírez, R., L. C. de Silva, J. Tenías, T. Rodríguez y A. Chirinos. 1989b. Relación entre el análisis de suelo y el requerimiento de fertilizante potásico por el maní. *Agronomía Trop.* 39 (1-3):63-78.
- Ramírez, R. y D. Morales. 1989. Comparación de cuatro métodos de análisis del fósforo del suelo para estimar el requerimiento de P_2O_5 por el tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Agronomía Trop.* 39(1-3):79-94.
- Ramírez, R. 1989a. Estimación del requerimiento del fertilizante potásico por la yuca con base en el análisis de suelo. *Agronomía Trop.* 39(1-3):163-177.
- Ramírez, R. 1989b. Relación entre el fósforo del suelo con la respuesta de la yuca a la fertilización fosfatada. *Agronomía Trop.* 39:115-130.
- Ramírez, R., T. Rodríguez, A. Millán, C. Hernández, E. Guzmán y J. Tenías. 1989c. Relación entre el requerimiento de fertilizante potásico por el sorgo y el potasio asimilable del suelo. *Agronomía Trop.* 39(1-3):179-193.
- Ramírez, R. and M. López. 2000. Agronomy effectiveness of phosphate rock and superphosphate for aluminum-tolerant and non-tolerant sorghum cultivars. *Communication Soil Science and Plant Analysis* 31(9-10):1 169-1 178.
- Ramírez, R., D. Morales y E. Álvarez. 1990. Calibración de cuatro métodos de análisis del fósforo del suelo para predecir la respuesta del melón (*Cucumis melo*) a la fertilización fosfatada. *Agronomía Trop.* 40(1-3):125-138.
- Ramírez, R., D. Morales y E. Álvarez. 1991. Uso eficiente del fósforo y potasio por el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Agronomía Trop.* 41(1-2):43-54.
- Rodríguez, B. and R. Ramírez. 2005. A soil test for determining available copper in acidic soil of Venezuela. *Interciencia*. 30(6):361-364.
- Rodríguez, T. y J. Tenías. 1983. Frecuencia del encalado y su efecto sobre el rendimiento en maní en un suelo de los llanos orientales. *Agronomía Trop.* 33(1-6):243-272.
- Savostin, P. 1950. La eficiencia de la inoculación artificial de las plantas leguminosas en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas. 57 p.
- Toro, M., I. Bazó y M. López. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento

vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agronomía Trop.* 58(3):215-221.

Torres, R., A. Florentino y M. López. 2005. Pérdidas de suelo y nitrógeno por escorrentía en un Ultisol degradado bajo diferentes condiciones de cobertura vegetal en Chaguaramas-Guárico. *Agronomía Trop.* 55(4):475-496.

Williams, P. y M. Sicardi de M. 1982. Nitrobac, Inoculante para leguminosas. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Centro de Microbiología y Biología Celular (IVIC). Caracas-Venezuela. 19 p.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA GRASA DE LA SEMILLA DE FRUTOPÁN¹

PHISYCAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BREADNUT SEED FAT¹

Ligia Ortiz de Bertorelli*, Miguel Ramírez**, Lucía Graziani de Fariña*, Alejandra Ramírez* y América Trujillo*

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

*Profesoras e **Ingeniero Agrónomo. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Maracay, estado Aragua, Venezuela.
Correo electrónico: ortizl41@cantv.net

RESUMEN

El estudio del frutopán, *Artocarpus camansi* Blanco, tiene como objetivo promover el uso y el aprovechamiento artesanal e industrial de la zona norte costera del estado Aragua, Venezuela, evaluándose las características físicas y químicas de la grasa de la semilla del fruto en tres parcelas ubicadas en las localidades de Cata (L1), Ocumare de la Costa (L2) y Cumboto (L3). A la grasa extraída con hexano a 60 °C por 16 h en un Soxhlet, se le determinaron algunos índices físicos y químicos, así como la composición en ácidos grasos (AG). Los resultados revelaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las variables analizadas. El contenido promedio de grasa de harina en las tres localidades fue de 5,25%, correspondiendo el mayor valor a L2. Respecto a los índices físicos y químicos, el menor punto de fusión lo presentó la grasa de las muestras L1, menor densidad relativa (Dr) e índice de yodo (IY) las de L2 y menores índices de saponificación (ÍS) e índice de acidez (ÍA) las provenientes de L3. El índice de refracción (ÍR) no difirió entre las muestras. Los AG componentes de la grasa fueron: palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico, araquídico, araquidónico, behénico, nervónico y un ácido no identificado con tiempo de retención de 12 min, cuyos contenidos variaron entre las localidades, con mayor cantidad de palmítico y palmitoleico L1, oléico L2, araquídico L1 y L3 y araquidónico L3. La grasa presentó 53,47% de ácidos insaturados (AI), entre los que predominaron el oleico (24,84-27,14%) y el nervónico (23,52-24,56%). En conclusión, la harina de frutopán presentó un bajo contenido de grasa, cuyas propiedades se relacionan con un nivel nutricional adecuado para el consumo humano.

Palabras Clave: *Artocarpus camansi*; índices físicos; índices químicos; ácidos grasos.

SUMMARY

To promote handcrafting and industrial use of breadnut *Artocarpus camansi* from north-coast of Aragua State, Venezuela, physical and chemical characteristics were evaluated in fat from seed fruit from three plots located at Cata (L1), Ocumare de la Costa (L2) and Cumboto (L3). Some physical and chemical indexes and fatty acid composition were determined in fat seed flour, extracted with hexane at 60 °C for 16 hours in a Soxhlet by AOAC and COVENIN methods. Results revealed significant variations ($P \leq 0,05$) between analyzed variables. Average fat seed flour from three areas was 5,25%, with higher value in L2 samples. Lower melting point was found in L1, relative density and iodine index in L2, saponification and acid indexes in L3. Refractive index did not differ between samples. Fatty acids were palmitic palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, linolenic, arachidic, arachidonic, behenic, nervonic and unidentified acid with a retention time of 12 minutes, whose contents varied between locations, with greater palmitic and palmitoleic in L1, oleic in L2, arachidic in L1 and L3 and arachidonic in L3. Fat had higher proportion of unsaturated fatty acids 53,47%, mainly oleic acid 24,84-27,14% and nervonic 23,52-24,56%. Breadnut flour had low fat content with properties related to adequate nutritional status for human consumption.

Key Words: *Artocarpus camansi*; physical indexes; chemical indexes; fatty acids.

RECIBIDO: noviembre 29, 2010

ACEPTADO: octubre 12, 2011

INTRODUCCIÓN

El frutopán, *Artocarpus camansi* Blanco, denominado también breadnut, pana de pepitas, topán, es un cultivo perenne que se utilizó a través de los años como sombra en las plantaciones cacaoteras de las zonas costeras del centro norte de Venezuela.

Su semilla es rica en carbohidratos, minerales esenciales y su calidad protéica es comparable con la harina de soya y el huevo (Oshodi *et al.*, 1999). Además, contiene 6% de grasa con características físicas parecidas al aceite de oliva (Quijano y Arango, 1979). Debido a su calidad nutricional, esta semilla se utilizó en muchos países en la alimentación humana y se recomendó el incremento de su cultivo y consumo en función de disminuir las deficiencias nutricionales en muchas áreas de desarrollo en el mundo (Negrón *et al.*, 1983). En Venezuela es poco consumido, empleándose a pequeña escala como alimento en la zona costera del estado Aragua, donde las semillas poseen un valor cultural, cocidas artesanalmente y expandidas en las vías de acceso a las localidades ubicadas en dicha zona.

La investigación realizada en Latinoamérica, particularmente en Venezuela sobre el frutopán es escasa, conociéndose poco sus propiedades y los beneficios nutricionales obtenibles del consumo. Por estas razones, en este estudio se evaluaron las características físicas y químicas de la grasa de las semillas de frutos provenientes de diferentes localidades de la zona norte costera del estado Aragua; conocimiento necesario para promover la siembra de este cultivo y su aprovechamiento artesanal e industrial, que podría mejorar el ingreso económico y las condiciones nutricionales de sus habitantes. Además, la información generada constituiría una base para posteriores investigaciones que permitan determinar la utilización de este fruto como materia prima o ingrediente en la elaboración de diferentes productos alimenticios comercializables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizaron frutos provenientes de Cata (L1), Ocumare de la Costa (L2) y Cumboto (L3), municipio Costa de Oro, Ocumare, estado Aragua, Venezuela. Estas localidades son circunvecinas y están agrupadas bajo un bioclima de bosque seco tropical, con temperatura media anual entre 26 y 28 °C con una

humedad relativa de 68,1%, propias de los valles costeros. La precipitación anual varía entre 467 a 988,5 mm, con una marcada diferencia entre los períodos seco y lluvioso. Este último comienza en el mes de mayo y termina a mediados de septiembre, mes de inicio de la época seca (Sucre, 2003).

Para el análisis se seleccionaron tres parcelas: una en L1, otra en L2 y una tercera en L3. En cada una se delimitó una superficie de 1 ha y se escogieron al azar cinco árboles por localidad, de acuerdo con los descriptores morfológicos expuestos por Ragone (2006). De cada árbol se cosecharon al azar tres frutos sanos y maduros, tomando como criterios el color y textura.

Las áreas seleccionadas difieren entre sí en el manejo agronómico dado al cultivo del cacao, principal rubro de producción, incidiendo sobre los cultivos asociados como el frutopán que es usado como sombra.

En el ensayo se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones como unidad experimental, se estableció el árbol y las semillas de los frutos como muestras.

Extracción de la grasa de la semilla

Los frutos se lavaron y despulparon. Las semillas fueron extraídas manualmente y se secaron con una estufa de aire forzado a 55 ± 2 °C por 24 h, luego fue retirada la cubierta seminal en forma manual y se continuó el proceso de secado en las mismas condiciones, hasta alcanzar aproximadamente 12% de humedad. Una vez secas, se pulverizaron en un molino de martillo y la harina obtenida se separó en un tamiz de 590 μ (malla nº 30) y almacenó a 8 °C (Nuñez *et al.*, 2011), para finalmente extraerles la grasa con hexano a 60 °C por 16 h en un Soxhlet (AOAC, 1997), la cual se preservó a 5 °C.

Análisis físicos y químicos de la grasa

Para determinar los contenidos de humedad y grasa de la harina se utilizaron los métodos nº 925.10 y 936.15 de la AOAC (1997), y para medir el punto de fusión (PF), los índices de yodo (ÍY) e índice de refracción (ÍR) de la grasa, los métodos nº 920.157, 920.158 y 921.08, respectivamente (AOAC, 1997). En la evaluación de la densidad relativa (Dr) de la grasa se aplicó la norma nº 0703-2001 (COVENIN, 2001) y en los índices de acidez (ÍA) e índice de saponificación (ÍS) las normas nº 325-96 (COVENIN, 1996) y nº 323-98 (COVENIN, 1998), respectivamente.

Análisis cromatográfico de la grasa

Los ácidos grasos (ÁG) fueron metilados según la metodología de Morrison y Smith (1964) y posteriormente separados por cromatografía de gases, con un cromatógrafo Agilent Technologies 6820, equipado con detector de ionización de llama. Se utilizó una columna capilar HP- Innowax, 30 m x 0,320 mm x 0,25 m y nitrógeno como gas de arrastre, con una velocidad de flujo de 30 ml min⁻¹. La temperatura de la columna fue de 250 °C, la del detector de 275 °C y la del inyector 280 °C, mientras que la del horno de 250 °C. Los ÁG se identificaron por comparación de sus tiempos de retención con el de ÁG estándares. El porcentaje de cada éster de los ÁG se calculó por el método descrito por Morrison y Smith (1964).

Todos las investigaciones se realizaron por triplicado, aplicándole a los resultados obtenidos un análisis de varianza complementado con una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan, además, se hizo una interpretación entre las variables, utilizando el paquete estadístico SAS (1998) versión 6.12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el contenido de humedad y grasa de harina de las semillas de frutopán provenientes de las tres localidades, y entre los índices físicos y las características químicas de la grasa extraída de las harinas.

Contenido de humedad y grasa de la harina

En las muestras analizadas el promedio de humedad fue de 11,67% (Cuadro 1), presentando la harina L1 el mayor contenido de humedad y la L3 el menor. Los valores obtenidos fueron inferiores al 14%, que es el porcentaje de agua máxima recomendado para la conservación de las harinas (Kent, 1987), evitando así, el desarrollo de microorganismos, infestación y actividad enzimática, que ocasiona el deterioro del producto.

El contenido de humedad de las harinas depende del acondicionamiento del alimento, así como del clima y de los métodos de secado aplicados. Varios autores lograron harinas con porcentajes de humedad más bajos (5%) al secar en estufa de circulación de aire a 70 °C por 8 h (Akubor, 1997), de igual modo, al secar al sol (8,2%) semillas de *Treculia africana* (Akubor y Badifu, 2004), planta perteneciente a la misma familia y tribu taxonómica que el frutopán.

Respecto a la grasa cuyo promedio fue de 5,25%, la harina de la localidad de L2 mostró el porcentaje más alto, siendo la más baja en L1 (Cuadro 1). Estos valores se asemejan a los encontrados por Quijano y Arango (1979) en semillas de frutopán proveniente de Colombia (5,59%) e inferiores a los conseguidos por Obasuyi y Nwokoro (2006) en Nigeria (8,25-8,94%) y por Negrón *et al.* (1983) en Puerto Rico (6,2%), así como, superior al señalado por Kirk y Badrie (2005) para frutos de Hawái (3,65%) y el obtenido en Nigeria (3,48%) por Adeleke y Abiodun (2010); discordancias que podrían deberse al origen de la especie y a las condiciones agroclimáticas de cada región.

En cuanto a las variaciones entre las muestras analizadas en este trabajo, posiblemente sean causadas por diferencias entre los materiales de frutopán, de los cuales se desconoce el origen de los árboles, además del manejo agronómico aplicado al cacao en las tres localidades, lo cual afecta a los cultivos asociados como el frutopán.

Índices físicos de la grasa

La grasa extraída de las harinas de las semillas de frutopán presentó una consistencia semisólida con un PF promedio de 23,67 °C, un olor semejante al aceite de maní y color amarillo claro. Los índices físicos (Cuadro 2) indicaron que el PF en L2 presentó un valor intermedio entre L1 y L3 y menor Dr, en tanto que el ÍR no mostró diferencias significativas entre las muestras. Estos índices fueron ligeramente superiores a los hallados en el frutopán colombiano por Quijano y Arango (1979), quienes obtuvieron un líquido viscoso a temperatura ambiente con un PF medio de 22,5 °C, una densidad de 0,9145 g cc⁻¹ y un ÍR de 1,4734, siendo el color y olor similar al del frutopán venezolano.

CUADRO 1. Contenido promedio de humedad y grasa de harina de la semilla de frutopán.

Localidad	% Humedad	% Grasa
L1	12,12 a	4,55 c
L2	11,53 b	5,91 a
L3	11,36 c	5,28 b
Media $\pm\sigma$	11,67 $\pm$ 0,41	5,25 $\pm$ 0,60

Letras distintas en las columnas, indican diferencias a un nivel de significación del 5%. L1 = Cata; L2 = Ocumare; L3 = Cumboto.

CUADRO 2. Índices físicos y químicos de la grasa de las harinas de semillas de frutopán.

Índices	Localidad			
	L1	L2	L3	Media $\pm\sigma$
Punto de fusión (°C)	22,08b	23,60ab	24,60a	23,67 $\pm$ 1,05
Densidad relativa	0,9583a	0,9320b	0,9561a	0,9488 $\pm$ 0,02
Índice de refracción	1,4842a	1,4852a	1,4838a	1,4844 $\pm$ 0,00
Índice de yodo (%)	32,35a	25,96c	29,61b	29,31 $\pm$ 2,74
Índice de saponificación (mg KOH g grasa ⁻¹)	296,27b	303,63a	261,36c	287,09 $\pm$ 20,07
Índice de acidez (mg KOH g grasa ⁻¹)	0,21a	0,21a	0,17b	0,20 $\pm$ 0,03

Letras distintas en las columnas, indican diferencias a un nivel de significación del 5%. L1 = Cata; L2 = Ocumare; L3 = Cumboto.

Índices químicos de la grasa

En los índices químicos se notó que el mayor ÍY perteneció a la grasa de L1, el de ÍS a L2 y el menor ÍA a L3 (Cuadro 2). Estos resultados divergen respecto a Quijano y Arango (1979), quienes encontraron un ÍY más alto (69,64) y un ÍS más bajo (232,68) de la grasa analizada en este estudio que fue más saturada. Las variaciones entre los índices físicos y químicos probablemente se deban a las mismas causas sugeridas anteriormente para las diferencias en el contenido de grasa, se señaló inicialmente que los índices de las grasas pueden variar ligeramente en función del clima, suelo y variedad del vegetal (Liendo *et al.*, 1997; Acosta *et al.*, 2001).

En las grasas, el ÍA revela la presencia de ÁG libres y el ÍY es indicativo del grado de instauración de los ÁG componentes, siendo inversamente proporcional al PF. La instauración de la grasa, así como el peso molecular (PM) influyen ligeramente sobre la Dr, la cual tiende a incrementarse con el número de dobles enlaces y el largo de la cadena. Además, el ÍS es inversamente proporcional al PM (Hart y Fisher, 1991), consiguiéndose en este estudio una correlación positiva entre el ÍY y la Dr ($r = 0,56939$), asimismo, entre el ÍS y el ÍA ($r = 0,58327$).

Composición de ácidos grasos de la grasa

En los resultados obtenidos se detectaron once ÁG, entre ellos uno no identificado, con un porcentaje de 6,71% y un tiempo promedio de retención considerable (12 min) que indicó un alto PM; los principales fueron: palmítico, esteárico, oleico y nervónico, que constitu-

yeron el 85,86% de los ÁG componentes (Cuadro 3), correspondiendo al ácido oleico la mayor proporción (25,63%), seguido por el nervónico (24,13%).

Según estos resultados, la grasa del frutopán está compuesta principalmente por ÁG de alto PM, mostrando la grasa de L1 los porcentajes más altos de los ácidos palmítico, palmitoleico y linolénico y de L2 la mayor cantidad de ácido oleico y menor de araquídico (Cuadro 4), en tanto que los contenidos de los ácidos esteárico, linoléico, behénico, nervónico y del no identificado, no difirieron entre las muestras.

Con respecto a la grasa del frutopán de Nigeria, según Adeleke y Abiodun, 2010, observan que los contenidos de los ácidos oleico (12,4%), esteárico (2,0%) y palmítico (21,4%) resultaron inferiores a los encontrados en este estudio, mientras que el linolénico (14,8%) fue superior. Las variaciones examinadas entre los porcentajes de los ÁG pueden ser atribuibles a razones similares a las señaladas para las diferencias entre los índices químicos. La versatilidad en la composición en ÁG, se relacionó por otros autores con las condiciones del suelo (Briceño y Navas, 2005).

En referencia a la proporción total de ácidos saturados (ÁS) y ácidos insaturados (ÁI), se encontró que los porcentajes fueron semejantes en la grasa de las tres localidades, que está compuesta principalmente por ÁI, se halló la relación ÁI/ÁS superior a 1 (Cuadro 4). Así mismo, se obtuvo una correlación positiva ($r = 0,59553$) entre el porcentaje de grasa y de ÁI, así como negativa con ÁS ($r = 0,59435$).

CUADRO 3. Composición en ácidos grasos contenido en la harina de semilla de frutopán.

Ácidos grasos	Localidad (5%)			Media $\pm\sigma$
	L1	L2	L3	
Palmítico (C16:0)	23,69 a	21,65 b	21,76 b	22,37 $\pm$ 0,32
Palmitoleico (C16:1)	0,64 a	0,45 b	0,49 b	0,53 $\pm$ 0,03
Estearico (C18:0)	13,27 a	13,87 a	12,55 a	13,23 $\pm$ 0,72
Oléico (C18:1)	24,84 b	27,14 a	24,92 b	25,63 $\pm$ 0,41
Linoleico (C18:2)	0,24 a	0,24 a	0,25 a	0,24 $\pm$ 0,01
Linolénico (C18:3)	1,29 a	1,12 b	1,06 b	1,16 $\pm$ 0,03
Araquídico (C20:0)	2,65 a	2,26 b	2,55 a	2,49 $\pm$ 0,05
Araquidónico (C20:1)	1,53 b	1,70 ab	2,11 a	1,78 $\pm$ 0,10
Behénico (C22:0)	0,29 a	0,09 a	0,51 a	0,29 $\pm$ 0,09
Nervónico (C24:1)	23,52 a	24,56 a	24,30 a	24,13 $\pm$ 0,60
No identificado	6,81 a	6,09 a	7,23 a	6,71 $\pm$ 0,71

Letras distintas en las columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%. L1 = Cata; L2 = Ocumare; L3 = Cumboto.

El porcentaje de ÁI fue mayor al de ÁS, que determinó un estado semisólido de la grasa a temperatura ambiente, revelado en el PF; esta característica le otorga importancia a la grasa del frutopán desde el punto de vista nutricional, puesto que se recomienda preferir en la dieta alimenticia los ÁI.

Al comparar las características físicas y químicas de la grasa del frutopán con las del aceite de la semilla de *Treculia africana* de Nigeria (Ajayi, 2008), que fue generalmente líquido a temperatura de 28 ± 2 °C, se encontraron valores inferiores en los ÍR (1,463) y de ÍS (85,71 mg KOH g grasa⁻¹) y superior en el ÍA (10,04 mg NaOH g grasa⁻¹).

Por otra parte, al relacionar con las propiedades de aceites comerciales como el de oliva, maíz, soya y seje (Briceño y Navas, 2005), se notó que en estos la densidad (0,916-0,925 g ml⁻¹), el ÍR (1,4690-1,4744) y el ÍS (193-201,7 g KOH kg⁻¹) fueron menores y el ÍY (80-140 g I₂ 100 g⁻¹) superior, correspondiéndose con el mayor porcentaje de AI de dichos aceites, cuyos valores se ubicaron por encima del 82%. Además, las proporciones de ÁG fueron diferentes, siendo más bajo el contenido de palmítico y estearico, cuyos valores no superaron el 15% ni el 10%, respectivamente. De igual forma, los porcentajes de ácido oleico del maíz (5,8%) y soya (8,9%) inferiores, a diferencia de los ácidos linoleico y linolénico que fueron más altos, dado que los aceites de seje y oliva presentaron valores superiores al 2% y los de maíz y soya al 75%.

Con respecto a la grasa del cacao (Acosta *et al.*, 2001), observaron que los valores de ÍR (1,4593), ÍS (192,73 mg KOH g grasa⁻¹), PF (28,58 °C), ÍY (32,42%) e ÍA (0,61 mg KOH g grasa⁻¹) resultaron superiores a los obtenidos con el frutopán. Igualmente, se apreció que difiere en la composición en ÁG, puesto que el contenido de ÁS de la grasa del cacao es mayor (62,58%) y el de ÁI menor (37,21%), predominando el estearico (33,76%) y el palmítico (27,45%) entre los saturados y el oleico (34,66%) entre los insaturados.

CUADRO 4. Porcentajes de ácidos grasos saturados e insaturados contenido en la semilla de frutopán.

Localidad	Ácidos 5%			ÁI/ÁS
	Saturados	Insaturados	Desconocido	
L1	41,12a	52,07a	6,81a	1,27
L2	38,70a	55,22a	6,09a	1,43
L3	39,64a	53,13a	7,23a	1,34
Media $\pm\sigma$	39,82 $\pm$ 2,60	53,47 $\pm$ 2,60	6,71 $\pm$ 0,71	1,35

Letras distintas en las columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%. L1 = Cata; L2 = Ocumare; L3 = Cumboto. ÁS = Saturados; ÁI = Insaturados.

CONCLUSIONES

- La harina de las semillas de frutopán presentó un bajo contenido de grasa en comparación con otros rubros.
- Las características físicas y químicas de la grasa variaron entre las tres localidades, excepto el IR, correspondiendo el menor punto de fusión a la grasa de L1 de Dr e ÍY a la de L2 y de los ÍS y ÍA a la de L3.
- La grasa presentó distintas proporciones de ÁG con predominio de los ÁI, que le confiere un nivel nutricional adecuado.
- Entre las localidades se destacó L1 por el mayor contenido de los ÁI palmitoleico y linolénico en la grasa de las semillas.
- No se observaron variaciones en el porcentaje total de ÁS y de ÁI de las localidades estudiadas.

AGRADECIMIENTO

A la técnico Boni Escorche, al personal del Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Veterinaria y a los productores de cacao de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas, P. Parra y A. Trujillo de Leal. 2001. Estudio de algunas características físicas y químicas de la grasa de los cotiledones de tres tipos de cacao de la localidad de Cumboto. *Agronomía Trop.* 51(1):119-131.
- Adeleke, R. O. and O. A. Abiodun. 2010. Nutritional composition of breadnut seeds (*Artocarpus camansi*). *African J. Agric. Research.* 5(11):1 273-1 276.
- Ajayi, I. 2008. Comparative study of the chemical composition and mineral element content of *Artocarpus heterophyllus* and *Treculia africana* seeds and seed oil. *Bioresource Technol.* 99(11):5 125-5 129.
- Akubor, P. I. 1997. Proximate composition and selected functional properties of African breadfruit and sweet potato flour blends. *Plant Foods For Human Nutrition.* 51(1):53-60.
- Akubor, P. and G. Badifu. 2004. Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *J. Food Sci. Technol.* 39(2):223-229.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1997. *Oficial Methods of Análisis of AOAC Internacional.* 16th Ed. Vol. II. Gaithersburg, Maryland. USA. 1 298 p.
- Briceño, J. y P. Navas. 2005. Comparación de las características químicas, físicas y perfil de ácidos grasos de los aceites de seje, oliva, maíz y soja. *Rev. Fac. Agron. Maracay, Venezuela.* 31:109-119.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1996. Norma Venezolana n° 325-96. Determinación del índice de acidez. Ministerio de Fomento. 3 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1998. Norma Venezolana n° 323-1998. Determinación del índice de saponificación. Ministerio de Fomento. 3 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2001. Norma Venezolana n° 0703:2001. Determinación de la densidad relativa. Ministerio de Fomento. 3 p.
- Hart, F. L. y H. J. Fisher. 1991. *Análisis moderno de alimentos.* 2da reimpresión. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 343 p.
- Kent, N. 1987. *Tecnología de los cereales. Introducción para el estudio de la ciencia de los alimentos y agricultura.* Editorial Acribia. Zaragoza, España. 221 p.
- Kirk, W. and N. Badrie. 2005. Nutritional composition and sensory acceptance of boiled breadnut (*Artocarpus camansi* Blanco) seeds. *J. Food Technol.* 3(4):546-551.
- Liendo, R., F. C. Padilla and A. Quintana. 1997. Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cocoa* L. *Food Research International.* 30(9):727-731.
- Morrison, W. R. and L. M. Smith. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride- methanol. *J. Lipid. Res.* 5:600-608.

- Negrón de Bravo, E., H. Graham and M. Padovani. 1983. Composition of the breadnut (seeded breadfruit). *Carib. J. Sci.* 19(3-4):27-32.
- Núñez, J., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas; A. Ramírez y A. Trujillo. 2011. Caracterización del fruto y semilla del frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). *Bioagro.* 23(1): 51-56. (En prensa).
- Obasuyi, J. O. I. and S. O. Nwokoro. 2006. Physical and chemical characteristics of breadfruit (*Artocarpus altilis*) seeds collected from three locations in Edo State, Nigeria. *Pakistan J. Nutr.* 5(3):212-214.
- Oshodi, A. A., K. O. Ipinmoroti and N. T. Fagbemi. 1999. Chemical composition, amino acid analysis and functional properties of breadnut (*Artocarpus altilis*) flour. *Mol. Nutr. Food Res.* 43(6):402-405.
- Quijano, J. and G. Arango. 1979. The breadfruit from Colombia-A detailed chemical analysis. *Econ. Bot.* 33(2):199-202.
- Ragone, D. 2006. *Artocarpus camansi* (breadnut). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Hawaii, USA. 11 p.
- Statistical Analysis Systems (SAS). 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 1 208 p.
- Sucre, D. 2003. Delimitación de áreas ecogeográficas del estado Aragua. Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (FUNDACITE). Maracay, Venezuela. 77 p.

PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO AMENDOIM EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE PLANTAS

HIERBAS DAÑINAS EN CULTIVOS DE MANÍ EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD Y DISTANCIA ENTRE SURCOS

WEEDS IN PEANUT CULTIVATION IN FUNCTION OF THE SPACING AND DENSITY OF PLANTS

Nilton Luis de Souza Junior*, Mariana Casari Parreira** e Pedro Luis Aguiar da Costa***

*Eng. Agr. M.Sc. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal-SP. **Eng. Agr. Doutoranda em Agronomia. UNESP, Campus de Jaboticabal-SP. ***Prof. Dr. Adjunto. Departamento de biologia aplicada à agropecuária, UNESP, Campus de Jaboticabal-SP. E-mail: mcparreira@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da diminuição do espaçamento entrelinhas e da densidade populacional sobre o período anterior de interferência (PAI) das plantas daninhas na produtividade do amendoim rasteiro, *Arachis hypogaea* L., cultivar Runner IAC 886. Foram estudados dois espaçamentos entrelinhas 60 e 90 cm e, em cada qual, os tratamentos constaram de três densidades (5, 10 e 15 plantas m⁻¹) combinadas com nove períodos de convivência com as plantas daninhas (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias após a emergência - DAE). Para cada espaçamento o delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com três repetições. Na análise da importância relativa (IR) das espécies de plantas daninhas presentes durante todo o período experimental, quatro espécies se destacaram: *Digitaria* spp. (Capim-colchão), *Panicum maximum* Jacq. (Capim-colônia), *Acanthospermum hispidum* DC. (Carrapicho-de-carneiro) e *Cyperus rotundus* L. (Tiririca). A produtividade de grãos da cultura do amendoim passou a ser afetada negativamente a partir de 87, 39 e 11 DAE para o espaçamento de 60 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, sendo reduzida 32%, 55%, 77% a produção, respectivamente, enquanto para o espaçamento de 90 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, os PAI foram 4, 41 e 11 DAE, com redução de 65%, 57% e 62%, respectivamente. Nas testemunhas para os espaçamentos de 60 e 90 cm e nas densidades de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, as produções estimadas foram de 4 627, 5 989 e 7 610 kg ha⁻¹ e 4 968, 5 429 e 4 599 kg ha⁻¹, respectivamente.

Palavras Chave: *Arachis hypogaea*; competição; Fitosociologia.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la distancia entre surcos y la densidad de población en el período anterior a la interferencia (PAI) de las malezas en la productividad del maní rastrero, *Arachis hypogaea* L., cv corredor IAC 886. Se estudiaron dos distancias entre hileras de 60 y 90 cm, y cada uno de los tratamientos consistieron en tres densidades (5, 10 y 15 plantas m⁻¹) en combinación con nueve períodos de convivencia con las malezas (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la emergencia - DDE). Para cada espacio, el diseño experimental fue en bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Al analizar la importancia relativa (IR) de las especies de malezas presentes durante todo el período experimental, cuatro especies se destacan: *Digitaria* spp. (garranchuelo), *Panicum maximum* Jacq. (guinea), *Acanthospermum hispidum* DC (cabeza de vaca, Carapicho de carrero) y *Cyperus rotundus* L. (corocillo). El rendimiento de grano de la cosecha de maní se ve afectado adversamente a partir de 87, 39 y 11 DDE al espaciamento de 60 cm y densidad de siembra de 5, 10 y 15 plantas m⁻¹, se reduce un 32%, 55% y 77% de la producción, respectivamente, mientras que para el espaciamento de 90 cm y densidad de siembra de 5, 10 y 15 plantas m⁻¹, los PAI fueron 4, 41 y 11 DDE, con una reducción del 65%, 57% y el 62%, respectivamente. En los testigos de las distancias de 60 y 90 cm y la densidad de 5, 10 y 15 plantas m⁻¹, los rendimientos se estimaron 4 627, 5 989, 7 610 kg ha⁻¹, 4 968, 5 429 y 4 599 kg ha⁻¹, respectivamente.

Palabras Clave: *Arachis hypogaea*; competencia; Fito-sociología.

RECIBIDO: noviembre 12, 2010

ACEPTADO: septiembre 09, 2011

SUMMARY

The aim of this research was to evaluate the effects of row spacing decreasing and population density on the previous period of interference (PAI) of weeds and yield in peanut, *Arachis hypogaea* L., cultivar Runner IAC 886. Two row spacing (60 and 90 cm), and treatments consisted of three densities (5, 10 and 15 plants m⁻¹) combined with nine periods of coexistence with the weeds (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days after emergence - DAE) were studied. For each row the experimental design was a randomized split-plot design with three replications. In the analysis of the relative importance (IR) of the weed species present throughout the experimental period, four species are highlighted: *Digitaria* spp., *Panicum maximum* Jacq., *Acanthospermum hispidum* DC and *Cyperus rotundus* L. The grain yield of peanut crops has become negatively in 87, 39 and 11 DAE for the row spacing of 60 cm and seeding density of 5, 10 and 15 plants per meter and it had reduction of 32%, 55%, 77%, respectively, while for the row spacing of 90 cm and seeding density of 5, 10 and 15 plants per meter, PAIs were 4, 41 and 11 DAE, down 65%, 57% and 62%, respectively. On the control, for the row spacing of 60 and 90 cm and for densities of 5, 10 and 15 plants m⁻¹, the grain yields estimated were 4 627, 5 989 and 7 610 kg ha⁻¹ and 4 968, 5 429 and 4 599 kg ha⁻¹, respectively.

Key Words: *Arachis hypogaea*; competition; Phytosociologie.

INTRODUÇÃO

Desde o início dessa década, o processo produtivo do amendoim, *Arachis hypogaea* L., passou por uma série de modificações, desde a adoção de novas cultivares, destacando-se as de hábito rasteiro (grupo Virginia) até a utilização de maquinário moderno adaptado a estas cultivares. Devido a boa aceitação de estas cultivares pelo mercado externo (grãos maiores e de coloração castanho clara), bem como pelas suas vantagens agrônômicas (dormência das sementes, maior resistência a aflatoxina e maior produtividade) Godoy, 2002, estas foram amplamente adotadas pelos agricultores da região de Ribeirão Preto, acarretando no aumento da área cultivada (Nepomuceno *et al.*, 2006). Outro fator que influenciou neste aumento foi a expansão canavieira, isso porque a maioria das terras cultivadas com amendoim corresponde a áreas de reforma de canaviais.

Com a adoção de estas novas cultivares, o amendoim passou a ser semeado em espaçamento maior do 90 cm de entrelinhas, o que pode acarretar em maior infestação e interferência de plantas daninhas devido ao fechamento mais tardio das entrelinhas, com conseqüente perda

na produtividade. Pesquisas realizadas com cultivares rasteiras demonstraram que a interferência das plantas daninhas com a cultura acarreta perdas de mais de 50% na produção (Agostinho *et al.*, 2006; Nepomuceno *et al.*, 2005, 2006; Souza Junior *et al.*, 2006; Dias *et al.*, 2009, Yamauti, 2009), além de interferiram indiretamente, dificultando a colheita e depreciando a qualidade do produto colhido.

Os fatores que afetam o grau de interferência entre as culturas agrícolas e a comunidade infestante podem ser ligados à cultura (espécie, espaçamento e densidade de plantio), à comunidade infestante (composição específica y densidade e distribuição) e ao ambiente (Bleasdale, 1960). Dependerá, também, da época e extensão do período de convivência (Pitelli, 1985). Dentre estes fatores, deve-se destacar a importância do espaçamento e da densidade de semeadura, já que os mesmos atuam sobre a precocidade e intensidade de sombreamento da cultura sobre as plantas daninhas.

As determinações dos períodos de convivência tolerados por uma cultura com as plantas daninhas são obtidas estudando-se os períodos críticos de interferência (Pitelli, 1985). Em termos de manejo de plantas daninhas, o período anterior a interferência (PAI) torna-se o período de maior importância do ciclo cultural, a partir do qual a produtividade é significativamente afetada (Meschede *et al.*, 2004). Os resultados de pesquisa indicam grande variação nos períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim, tanto os de porte rasteiro como o ereto, sendo que o PAI pode variar de três a dez semanas (Pitelli *et al.*, 1984; Barbosa e Pitelli, 1990; Kasai *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2006; Everman *et al.*, 2008).

Pelo relatado, este trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da diminuição do espaçamento entrelinhas e da densidade populacional sobre o PAI das plantas daninhas na produtividade do amendoim rasteiro, cultivar Runner IAC 886.

MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda de Pesquisa, Ensino e Produção da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Segundo a classificação internacional de Köppen o clima da região é do tipo Cwa.

O solo da área experimental foi classificado, segundo Andrioli e Centurion (1999), como um Latossolo Vermelho eutrófico típico, de textura média, apresentando as seguintes características químicas: pH em CaCl_2 5,5; 15 g dm^{-3} de matéria orgânica; 49 mg dm^{-3} de P (resina); 1,2, 22, 15, 16, 38,2 e 54,2 mmolc dm^{-3} de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, respectivamente, e V% de 73. O sistema de preparo do solo foi o convencional, por meio de uma gradagem pesada seguida de duas gradagens niveladoras.

A semeadura foi realizada nos espaçamentos de 90 ou 60 cm entrelinhas; o primeiro que é o adotado nas produções comerciais e a outro espaçamento visando uma redução drástica, uma vez que Dias *et al.* (2009) não constatarem efeito significativo reduzindo-o para 80 cm. Em cada linha de semeadura foram distribuídas 30 sementes m^{-1} . Aos sete dias após a emergência (DAE) da plantas foi realizado o desbaste, deixando 5, 10 ou 15 plantas m^{-1} , de acordo com o tratamento. A adubação da cultura foi realizada concomitante a semeadura, utilizando-se 200 kg ha^{-1} da formulação 2-20-20 (N-P-K).

No espaçamento de 60 cm e densidades de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m^{-1} obteve-se uma população de 83 333, 166.66 e 250 000 plantas ha^{-1} , respectivamente. Já para o espaçamento de 90 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m^{-1} , a população foi de 55 555, 111 111 e 166 666 plantas m^{-1} , respectivamente.

A cultivar utilizada foi a Runner IAC 886 que, segundo Godoy (2002), possui hábito de crescimento rasteiro, ciclo de 120 a 130 d e com capacidade de produção de 6 500 kg ha^{-1} . As sementes foram tratadas com o inseticida Thiamethoxam e fungicida Thiram.

Para cada espaçamento o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas. As parcelas corresponderam a densidade populacional de 5, 10 e 15 plantas m^{-1} . As subparcelas foram os períodos de convivência da cultura com a comunidade infestante (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAE do amendoim - após esses períodos, as subparcelas foram mantidas no limpo por meio de capinas manuais até a colheita), totalizando 27 tratamentos em três repetições. As subparcelas experimentais foram representadas por quatro linhas de semeadura com 5 m de comprimento. Como área útil foram consideradas as duas fileiras centrais da cultura, desprezando-se 50 cm das extremidades.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas sete pulverizações de inseticidas e fungicidas, para o controle de pragas e doenças e manter assim a sanidade da cultura.

Para caracterização da comunidade infestante, nos tratamentos em que a cultura conviveu com as plantas daninhas, foram lançados, ao acaso, dois quadrados amostrais de 0,25 m^2 . As plantas daninhas presentes no quadro foram coletadas, identificadas (Kissmann, 1990), contadas, acondicionadas em sacos de papel, levadas as estufa de circulação a 70 °C para secagem e depois pesadas. Uma vez de efetuado o levantamento nas áreas amostrais, foi realizado a capina manual de toda a parcela, que permaneceu limpa até a colheita.

Os dados de densidade e a massa seca acumulada da parte aérea, referentes à comunidade infestante, assim como os das espécies de plantas daninhas mais frequentes na área, foram extrapolados para número de plantas e gramas de massa seca por m^2 , respectivamente, sendo calculada também a importância relativa (IR) da comunidade infestante, em que consiste em um índice que envolve três fatores: frequência relativa, no qual consiste na frequência de ocorrência da espécie; densidade relativa, que significa o número de indivíduos da espécie; e dominância relativa que consiste no acúmulo de biomassa da espécie, sempre em relação a comunidade infestante, seguindo fórmulas propostas por Mueller-Dombois e Elleberg (1974).

A colheita que foi realizada mecanicamente aconteceu aos 147 dias após a semeadura, quando as vagens do amendoim foram acondicionadas em sacos de papel até atingirem a umidade de 8% (Motomco, mod. 919), quando foi determinada sua massa.

Os resultados de produtividade foram processados separadamente dentro de cada grupo, sendo submetidos à análise de regressão (programa estatístico Microcal Origin 6.1), segundo o modelo sigmoidal de Boltzman, conforme utilizado por Dias *et al.* (2009):

$$y = \frac{(P1 - P2)}{1 + e^{\frac{(X - X_0)}{dx}}} + P2, \text{ onde}$$

Onde:

y = produtividade de grãos do feijoeiro em função dos períodos de convivência.

P1 = produção máxima obtida nas plantas mantidas capinadas durante todo o ciclo.

P2 = produção mínima obtida nas plantas em convi-

vência com as plantas daninhas durante o período máximo.

(P1 - P2) = perdas de produção.

X = limite superior do período de convivência.

X_0 = limite superior do período de convivência, que corresponde ao valor intermediário entre a produção máxima e mínima.

dx = parâmetro que indica a velocidade de perda de produção em função do tempo de convivência.

Os limites dos períodos anteriores de interferência foram determinados tolerando-se perdas máximas de produção de 5% em relação àquela obtida nas parcelas mantidas no limpo durante todo o ciclo (Pitelli e Durigan, 1984).

Pela análise de regressão foi possível determinar o período anterior à interferência (PAI), ou seja, período a partir da emergência da cultura em que ela pode conviver com as plantas daninhas sem que haja perda de produtividade (Pitelli e Durigan, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os levantamentos feitos na comunidade infestante da área experimental, constatou-se que as plantas daninhas presentes de acordo com sua família, nome científico, popular e código internacional, segundo a Weed Science Society of America (2007) foram (Tabela 1).

Na análise da IR das espécies de plantas daninhas presentes durante todo o período experimental, independentemente do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura do amendoim, quatro espécies se destacaram: *Digitaria* sp. (capim-colchão), *P. maximum* (capim-colonião), *A. hispidum* (carrapicho-de-carneiro) e *C. rotundus* (tiririca). Foram 31 espécies no total, divididas em 13 famílias, onde três são monocotiledôneas e o restante é de eudicotiledôneas. A família com maior número de espécies foi Poaceae (7).

TABELA 1. Plantas daninhas presentes na área experimental.

Família	Nome científico	Nome popular	Código internacional	Classificação
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Apaga - Fogo	ALRTE	Eucotiledonea
Amaranthaceae	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Caruru	AMADE	Eucotiledonea
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Carrapicho-de-carneiro	ACNHI	Eucotiledonea
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-Branca	PTNHY	Eucotiledonea
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça	RAPRA	Eucotiledonea
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoerada	COMBE	Monocotiledonea
Convolvulaceae	<i>Ipomoea nil</i> L. Roth	Corda-de-viola	IPONI	Eucotiledonea
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	CYPRO	Monocotiledonea
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leitero	EPHHL	Eucotiledonea
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Amendoim	-	Eucotiledonea
Fabaceae	<i>Glicine max</i> L.	Soja	-	Eucotiledonea
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Anileira	INDHI	Eucotiledonea
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma	SIDRH	Eucotiledonea
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim-carrapicho	CCHEC	Monocotiledonea
Poaceae	<i>Digitaria</i> sp.	Capim-colchão	DIGHO	Monocotiledonea
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaerth	Capim-pé-de-galinha	ELEIN	Monocotiledonea
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Capim-colonião	PANMA	Monocotiledonea
Poaceae	<i>Brachiaria decumbens</i>	capim-braquiária	BRADC	Monocotiledonea
Poaceae	<i>Pennisetum glaucum</i> L.	Milheto	-	Monocotiledonea
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	POROL	Eucotiledonea

A densidade total de plantas daninhas para o espaçamento de 60 cm (Figura 1 e 2) na densidade de semeadura de 5 plantas m^{-1} foi de 457 indivíduos e uma massa seca total de 5 100 g durante todo o ciclo da cultura.

Para 10 plantas m^{-1} foram encontradas um total de 532 indivíduos o que gerou uma massa seca de 8 185 g. Na densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} a quantidade total de indivíduos foi 513 e conseqüentemente 5 722 g.

Ao se analisar o espaçamento de 90 cm (Figura 2) e densidade de semeadura de 5 plantas m^{-1} se observa que o número de indivíduos ao longo de todo o ciclo da cultura foi de 452 e se obteve 5 952 g de massa seca. Na densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} a quantidade de plantas daninhas na área foi pouco maior, 466 indivíduos enquanto que a massa seca foi bem superior, 7 931 g. Já a densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} teve o maior número de indivíduos 486, porém a matéria seca foi menor que a anterior 6 638 g.

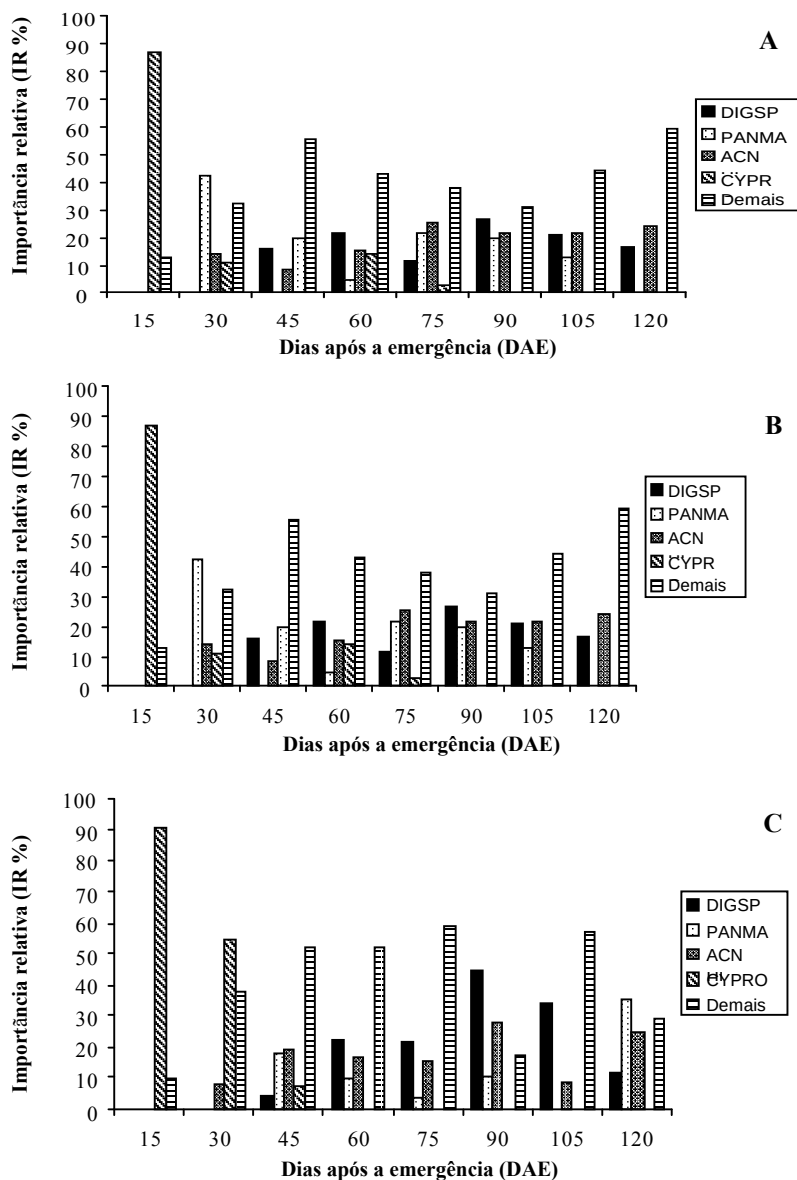


FIGURA 1. Importância relativa do capim-colchão (DIGSP), capim-colonião (PANMA), carrapicho-de-carneiro (ACNHI), tiririca (CYPRO) e demais plantas daninhas infestando a cultura do amendoim no espaçamento de 0,60 m entrelinhas e nas densidades de semeadura de 5 (A), 10 (B) e 15 (C) plantas m^{-1} .

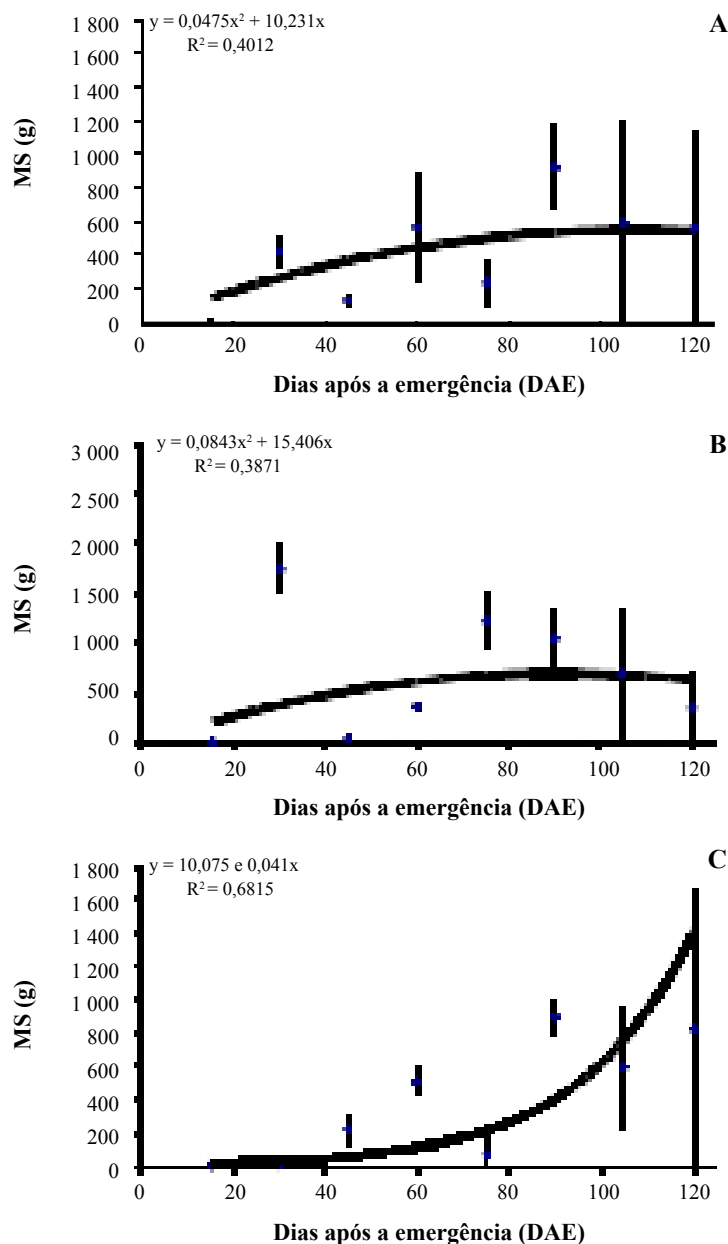


FIGURA 2. Massa seca total das plantas daninhas no espaçamento de 0,60 m nas densidades de 15 plantas m^{-1} (A), 10 plantas m^{-1} (B) e 15 plantas m^{-1} (C), em função dos períodos de convivência com a cultura do amendoim.

No espaçamento entrelinhas de 60 cm na densidade de semeadura de 5 plantas m^{-1} (Figura 1 e 2), aos 15 DAE, a planta daninha de maior IR 61,70% foi a tiririca, superando, inclusive, a somatória das demais espécies de plantas daninhas. Contudo, sua IR decresceu, após os 30 DAE 4,79%, voltando a aumentar aos 45 DAE 26,21%.

A presença de capim-colchão foi constatada aos 30 DAE e, pela própria biologia da espécie, continuou seu desenvolvimento até os 75 DAE, quando se tornou a espécie mais importante 24,62% dentre as quatro analisadas. Contudo, aos 90 DAE reduziu sua importância na comunidade e a partir desta época não apareceu mais dentre as mais importantes.

A IR do capim-colonião presente aos 30 DAE 26,81% correspondeu a rebrota de touceiras provenientes de anos anteriores e, mesmo com a capina manual, algumas sobraram e reinfestaram a área. Aos 60 DAE, verificou-se o surgimento de plântulas dessa espécie, que se desenvolveram e apareceram praticamente em todas as avaliações realizadas até a colheita, destacando-se como a espécie mais importante a partir dos 105 DAE com IR de 53,58% e 39,68% aos 120 DAE.

A IR do carrapicho-de-carneiro foi observada, inicialmente aos 30 DAE, com convivência na cultura até os 90 DAE, quando se tornou a espécie mais importante 21,64%. Aos 105 DAE não foi constatada sua ocorrência, mas aos 120 DAE apareceu como a segunda espécie de maior IR, sendo superada, somente, pelo capim-colonião.

No espaçamento entrelinhas de 60 cm e densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} (Figura 1 e 2), a tiririca foi a espécie mais importante 86,99% no início de desenvolvimento da cultura (15 DAE) mas, aos 30 DAE, perdeu importância para as demais plantas. Aos 45 DAE esta espécie voltou a ser a mais importante com IR de 20,66%. A partir desse período sua IR decresceu, tendendo a zero aos 90 DAE.

O capim-colchão começou a ser observado na área aos 45 DAE e sua presença na comunidade infestante ocorreu até os 120 DAE, sendo a espécie mais importante em dois momentos: 60 21,76% e 90 DAE 27%.

Aos 30 DAE as rebrotas de touceiras de capim-colonião presentes na área fizeram que esta espécie fosse a mais importante 42,69%. Porém, esta espécie desapareceu da área aos 45 DAE e voltou a aparecer aos 60 DAE. Entretanto, até a colheita, o capim-colonião não se destacou dentre as espécies mais importantes. A inexistência de capim-colonião aos 45 DAE deve-se provavelmente a erro amostral, uma vez que a infestação desta espécie se caracterizou por brotação de touceiras que estavam aleatoriamente dispersas na área.

O carrapicho-de-carneiro foi observado, na área, aos 30 DAE. Foi a espécie de maior IR aos 75 DAE 25,59%, 105 DAE 21,50% e 120 DAE 24,23%, o que demonstrou sua grande capacidade competitiva com as demais plantas daninhas presentes.

Para a densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} no espaçamento entrelinhas de 60 cm (Figura 1 e 2), a tiririca foi a espécie mais importante aos 15 (90,39%) e 30 DAE (54,32%), superando a soma da IR de todas

as outras espécies presentes na área. Após esse período, sua importância decresceu bruscamente sendo que aos 60 DAE esta espécie não era mais observada na área.

O capim-colchão apareceu na área aos 45 DAE e foi encontrado até os 120 DAE. Foi a espécie mais importante nos períodos de 60 aos 105 DAE. Aos 90 DAE a soma de sua IR (44,57%) ultrapassou todas as outras três plantas daninhas estudadas.

A presença do capim-colonião ocorreu dos 45 DAE aos 90 DAE, destacando-se com a espécie de maior IR (35,62%) aos 120 DAE.

O carrapicho-de-carneiro foi observado, praticamente, em todo o ciclo da cultura, dos 30 DAE aos 120 DAE, mas sua IR foi maior (19%) aos 45 DAE.

No espaçamento entrelinhas de 90 cm na densidade de semeadura do amendoim de 5 plantas m^{-1} (Figura 3 e 4), a tiririca foi a espécie com maior IR (51,20%) aos 15 DAE, em que sua importância superou a somatória de todas as outras plantas e conseqüentemente obteve os maiores valores para todos os índices; já aos 30 DAE ela perdeu, significativamente, a importância e após esse período não foi mais observada.

O capim-colchão apareceu, praticamente, em todo o ciclo da cultura. Foi observado, inicialmente aos 30 DAE e conviveu com o amendoim até os 120 DAE, com IR maior dos 45 aos 90 DAE.

Novamente, em decorrência da brotação das touceiras remanescentes, o capim-colonião foi a espécie mais importante aos 30 DAE 20,58%. Dos 45 aos 75 DAE não mais se constatou sua presença na área. Foi novamente observada sua presença dos 90 aos 120 DAE, mas com IR menor.

Assim como o capim-colchão, o carrapicho-de-carneiro foi observado na área por, praticamente todo o ciclo da cultura. Contudo, ao contrário do capim-colchão, essa espécie foi a mais importante aos 105 DAE 26,65% e aos 120 DAE 32,09%.

Aos 15 DAE no espaçamento entrelinhas de 90 m na densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} (Figura 3 e 4), a tiririca foi a espécie de maior IR 88,76%, sendo maior que a somatória das IR das demais espécies, porém não foi encontrada aos 30 DAE. Aos 45 DAE reaparece na área, como a mais importante 11,15%, não sendo mais constatada nas demais épocas de avaliação.

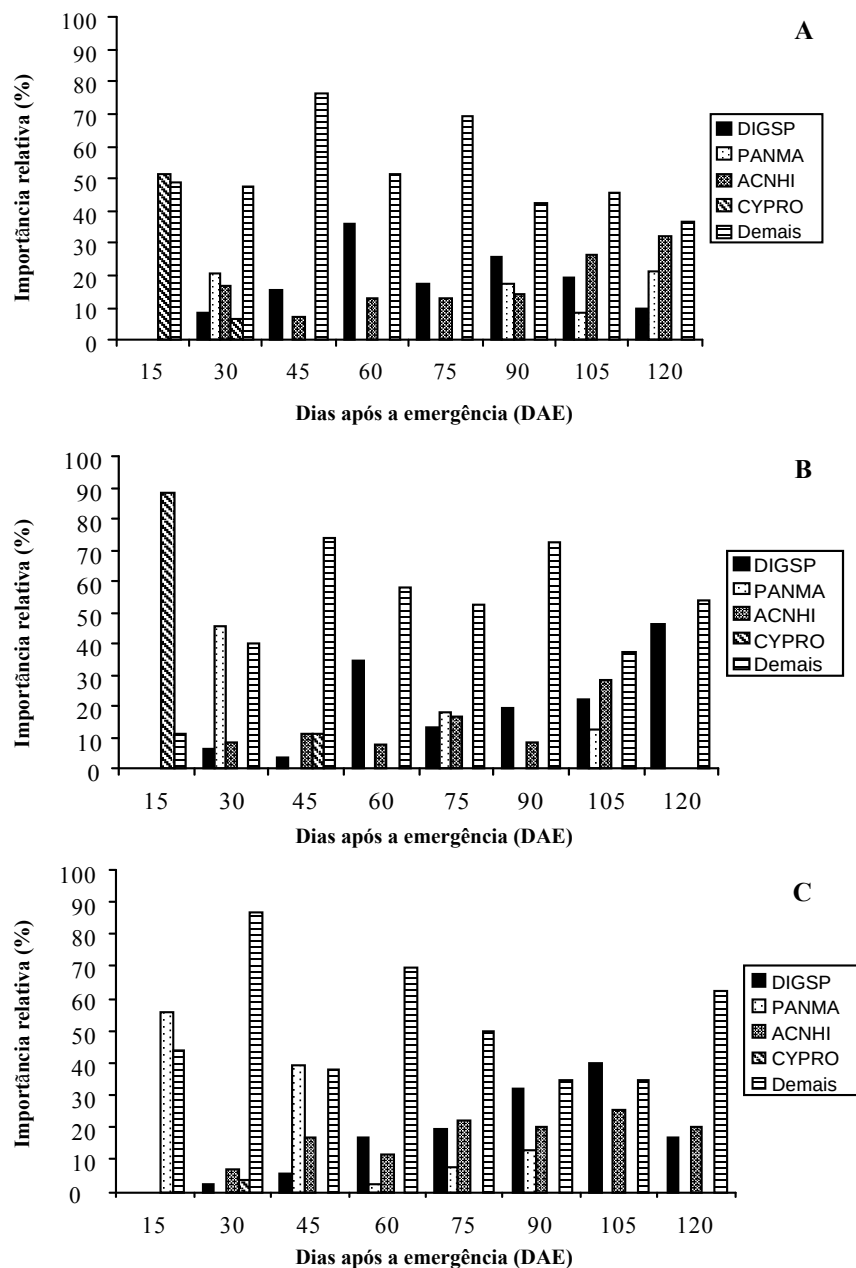


FIGURA 3. Importância relativa do capim-colchão (DIGSP), capim-colonião (PANMA), carrapicho-de-carneiro (ACNHI), tiririca (CYPRO) e demais plantas daninhas infestando a cultura do amendoim no espaçamento de 0,90 m entrelinhas e nas densidades de semeadura de 5 (A), 10 (B) e 15 (C) plantas m⁻¹.

Ao se analisar a ocorrência do capim-colchão, observou-se que ele apareceu aos 30 DAE e permaneceu na comunidade infestante até a colheita. Foi a espécie de maior IR 34,78% aos 60 DAE, decrescendo acentuadamente aos 75 DAE. Após esse período foi aumentando a importância na comunidade infestante tornando-se, aos 120 DAE, a espécie mais importante 46,38%.

A presença do capim-colonião foi observada em três períodos ao longo do ciclo da cultura. Aos 30 DAE com IR de 45,34%, conforme mencionado anteriormente, em decorrência da brotação de touceiras existentes na área. Aos 75 DAE, quando foi a espécie de maior IR 17,96%. Aos 90 DAE não está presente e reapareceu aos 105 DAE. Não foi constada sua presença aos 120 DAE.

O carrapicho-de-carneiro foi observado na área entre 30 e 105 DAE. Durante esses períodos foi praticamente estável seu índice de IR, exceto aos 105 DAE, quando essa espécie foi a mais importante 28,40%.

Na densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} e espaçamento entrelinhas de 90 cm (Figura 3 e 4), a tiririca foi a espécie de maior IR 55,79% aos 15 DAE, sendo maior que a somatória das IR das demais espécies, mas com

queda acentuada aos 30 DAE e desaparecendo da área após esse período.

O capim-colchão dos 15 aos 105 DAE apresentou um crescimento exponencial no seu índice de IR, sendo que aos 90 do 32,01% e 105 DAE do 39,93% foi à espécie mais importante na área. Aos 105 DAE o valor de importância foi maior que a somatória das demais plantas daninhas.

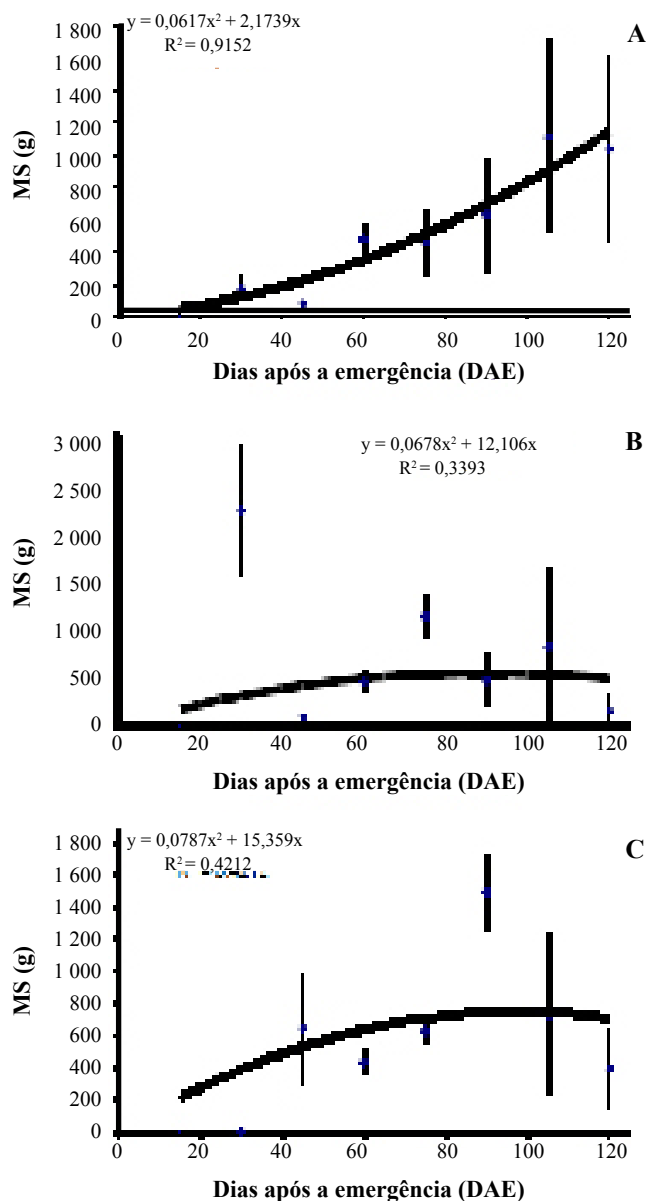


FIGURA 4. Massa seca (MS) total das plantas daninhas no espaçamento de 0,90 m nas densidades de 15 plantas m^{-1} (A), 10 plantas m^{-1} (B) e 15 planta m^{-1} (C), em função dos períodos de convivência com a cultura do amendoim.

O capim-colonião apresentou aumento no valor do índice de IR do 39,08% aos 45 DAE devido a brotação de touceiras já existentes, anteriormente na área. Aos 60 DAE uma nova brotação e germinação foram observadas, contribuindo para que dobrasse o índice de IR aos 75 DAE e novamente aos 90 DAE. A partir desse período não foi mais observada a presença de capim-colonião.

O carrapicho-de-carneiro foi observado na área dos 30 aos 120 DAE. Aos 30 DAE foi a espécie mais importante do 6,73% dentre as estudadas, mas com um índice de IR menor quando comparado ao da somatória das demais plantas daninhas. Aos 45 DAE foi a segunda espécie mais importante da área, sendo superada pelo capim-colonião. Aos 60, 90 e 105 DAE foi a segunda espécie mais importante, superada pelo capim-colchão. Aos 120 DAE, na colheita do amendoim, foi a planta daninha com maior índice de IR do 20,53%.

Desta forma, pode-se verificar que independentemente do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura da cultura do amendoim a tiririca foi a espécie de planta daninha mais importante durante o período inicial de desenvolvimento da cultura e em alguns casos chegou a ser a mais importante até os 45 DAE. Porém, a tiririca não tolera sombreamento e em virtude disso, torna-se necessário o fechamento da cultura, para que sua presença na área não aconteça.

No espaçamento de 90 cm o capim-colchão foi praticamente a espécie mais importante, o que pode ser explicado pelo fato do seu crescimento prostrado ter sido beneficiado por mais espaço nas entrelinhas da cultura e, conseqüente maior capacitação de luz, ainda mais considerando que se trata de uma espécie C4 (Kissmann e Groth, 1999).

O carrapicho-de-carneiro se destacava, na maioria das vezes, depois das outras espécies de plantas daninhas e coincidentemente sempre nos períodos a partir dos quais não mais se observava produção da cultura. Esta observação também foi feita por Dias *et al.* (2009).

Independentemente do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura, o valor de máxima produção foi obtido quando a cultura não conviveu com plantas daninhas em nenhum momento (Tabela 2 e Figura 5). Este resultado corrobora com os obtidos por Agostinho *et al.* (2006); Dias *et al.* (2009); Nepomuceno *et al.* (2005, 2006). Segundo Bianco (1978) e Pitelli (1980) a interferência das plantas daninhas altera em maior proporção

a produtividade por indivíduo do que a sobrevivência das plantas de amendoim. Pitelli (1985) fala que a importância da redução no espaçamento, em parte, está na precocidade do sombreamento promovido pela cultura.

No espaçamento de 60 cm e densidade de semeadura de 5 plantas m^{-1} a produção foi estimada em 4 627,53 kg ha^{-1} e a partir dos 105 DAE não mais se obteve produção devido a infestação das plantas daninhas (Tabela 2 e Figura 5A). Admitindo-se uma perda de 5% na produtividade, valor esse usado em todas as densidades de semeadura da cultura e nos dois espaçamentos, foi determinado que o PAI foi de 87 DAE (Figura 5).

Para a densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} o valor de produção estimada foi de 5988,96 kg ha^{-1} e devido a alta competição entre a cultura e a comunidade infestante a partir dos 90 DAE foi inviável realizar a operação do arranquio, inversão e colheita devido ao insignificante quantidade de planta de amendoim remanescentes depois da capina. O PAI calculado foi de 39 DAE.

TABELA 2. Parâmetros da equação sigmoideal de Boltzman obtidos com a análise dos dados de produção do amendoim com casca para o espaçamento de 0,60 m e 0,90 m nas densidades de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m^{-1} .

Parâmetro	0,60 m		
	5 plantas m^{-1}	10 plantas m^{-1}	15 plantas m^{-1}
P_1	4 627,53	5 988,96	7 610,31
P_2	-43	-332	-7 512
X_0	94	71	120
Dx	2,83	11,28	50,38
R^2	0,91	0,97	0,97
	0,90 m		
	5 plantas m^{-1}	10 plantas m^{-1}	15 plantas m^{-1}
P_1	4 967,92	5 428,57	4 599,49
P_2	-212	-737	-94
X_0	50	69	43
Dx	14,02	19,56	8,37
R^2	0,96	0,93	0,97

Já na densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} a produção estimada foi de 7 610,31 kg ha^{-1} e, assim como nas outras densidades de semeadura, foi decrescendo até que no final da ciclo da cultura; aos 120 DAE já não mais foi observada produção da cultura. O PAI para essa densidade e esse espaçamento foi de 11 DAE.

No espaçamento entrelinhas de 90 cm e densidade de semeadura de 5 plantas m^{-1} a produção máxima estimada foi de 4 967,92 kg ha^{-1} e a partir dos 75 DAE a colheita foi comprometida pois restaram uma pequena quantidade de plantas de amendoim devido a competição com a alta infestação de plantas daninhas. O PAI calculado foi de 4 DAE (Figura 5 B).

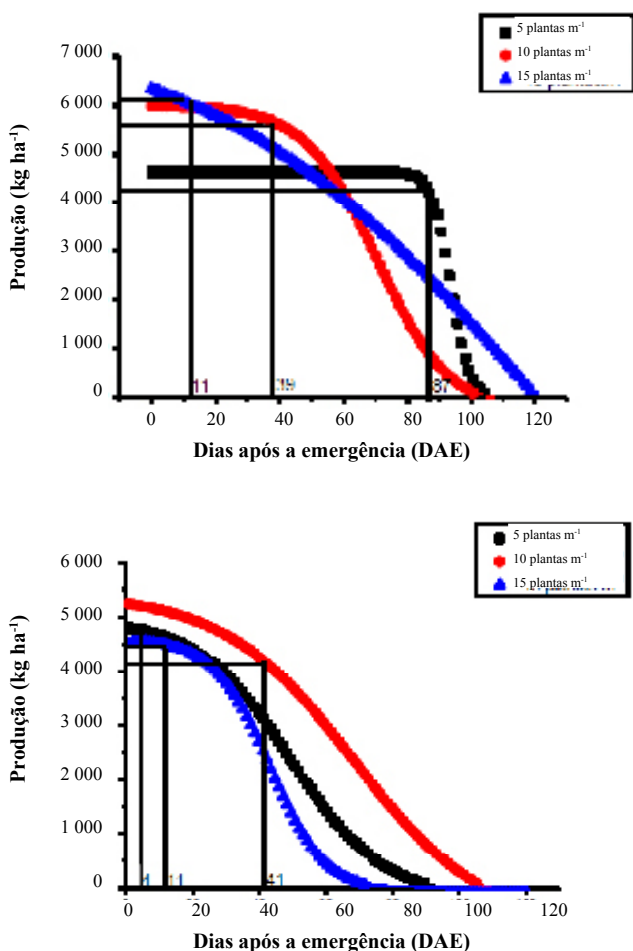


FIGURA 5. Produção de amendoim em casca, no espaçamento de 0,60 (A) e 0,90 m (B) e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m^{-1} , em função dos períodos de convivência.

Para a densidade de semeadura de 10 plantas m^{-1} o PAI calculado foi de 41 DAE. A partir dos 90 DAE não foi mais obtida a produção das parcelas que conviveram com as plantas daninhas, enquanto as parcelas que não conviveram tiveram uma produção de 5 428,57 kg ha^{-1} .

A produção estimada na parcela que não conviveu com plantas daninhas na densidade de semeadura de 15 plantas m^{-1} foi de 4 599,49 kg ha^{-1} e o PAI calculado foi de 11 DAE e a partir dos 60 DAE não mais foi obtida produção.

A partir destes dados, pode-se verificar que com o aumento da densidade de plantas no espaçamento entrelinhas de 60 cm reduziu o PAI, de 87 para 11 DAE. Provavelmente esta redução se deve ao aumento da interferência intraespecífica, ou seja, a competição entre as plantas de amendoim foi mais acentuada do que destas com as plantas daninhas. Por outro lado, no espaçamento de 90 cm, o aumento da densidade de semeadura resultou no aumento do PAI de 4 para 41 DAE, à exceção de 15 plantas m^{-1} (11 DAE). Estes resultados podem ser um somatório dos efeitos das interferências intra e interespecíficas. Nos dois espaçamentos, a produção aumentou com o aumento na densidade, novamente à exceção de 15 plantas m^{-1} (Tabela 2 e Figura 5).

Em todos os tratamentos estudados, a presença de plantas daninhas por todo o ciclo da cultura inviabilizou a colheita da mesma, ou seja, a produção foi zero.

Quando comparado com outros trabalhos, observa-se que as perdas obtidas foram muito altas, já que em outras ocasiões elas não ultrapassaram 63%, mesmo em condições da baixa disponibilidade hídrica (Bianco, 1978; Pacheco, 1980; Pitelli *et al.*, 1981, 1984, 2002; Gaviolli, 1985; Martins e Pitelli, 1994; Kasai *et al.*, 1997).

Porém, deve-se também ressaltar que nestes trabalhos as cultivares utilizadas foram de porte ereto. Quando se compara com trabalhos nos quais foram utilizadas cultivares de porte rasteiro, as perdas de produtividade variaram de 80 a 90% (Agostinho *et al.*, 2006; Dias *et al.*, 2009; Nepomuceno *et al.* 2005, 2006), assemelhando-se as obtidas no presente trabalho. Isso pode indicar maior susceptibilidade de cultivares rasteiros às plantas daninhas. Feakim (1973) concluiu que os cultivares de porte ereto são mais tolerante à interferência com as plantas daninhas que as cultivares de crescimento prostrado, talvez pela formação de uma parte aérea mais compacta e com maior poder de sombreamento das entre linhas.

Agostinho *et al.* (2006), trabalhando com cultivares de porte ereto e rasteiro verificaram que os cultivares de porte rasteiro foram mais sensíveis à interferência das plantas daninhas. Além disso, o espaçamento de semeadura também pode ter sido responsável por essas diferenças, já que em ambos os trabalhos o espaçamento entrelinhas utilizado foi de 90 cm. Já nos trabalhos com as cultivares de porte ereto o espaçamento foi de 60 cm.

Romanini (2007) constatou que a densidade de semeadura não influenciou na produção. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os obtidos por Carneiro (2006), que também não observou diferenças estatísticas significativas em relação à produtividade de amendoim em casca por espaçamento, número de plantas por metro na linha e para a interação entre espaçamento e número de plantas por metro da cultivar Runner IAC 886. Esses resultados também foram encontrados por Bulgarelli (2008). Esses dados se aplicam ao presente trabalho, uma vez que a densidade de plantas da cultura não alterou significativamente a produção.

Com a cultivar Runner IAC 886, Dias *et al.* (2009) obtiveram PAI no espaçamento de 0,80 m de 27 e 35 DAE no espaçamento de 90 cm. Cardozo *et al.* (2006) também no espaçamento de 90 cm obtiveram um PAI de 29 DAE. Nepomuceno *et al.* (2006) trabalharam por dois anos consecutivos e determinaram um PAI de 23 DAE no primeiro ano e de 27 DAE no segundo ano. Porém, a perda tolerável causada pela interferência das plantas daninhas na produtividade da cultura varia de acordo com vários fatores, como custo de controle e perdas na colheita, sendo, portanto variável para cada situação (Dias *et al.*, 2009).

A produtividade de grãos da cultura do amendoim passou a ser afetada negativamente a partir de 87, 39 e 11 DAE para o espaçamento de 60 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, sendo reduzida 32%, 55% y 77% a produção, respectivamente, enquanto para o espaçamento de 90 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, os PAI foram 4, 41 e 11 DAE, com redução de 65%, 57% e 62% na produção, respectivamente.

CONCLUSÕES

- A produtividade de grãos da cultura do amendoim passou a ser afetada negativamente a partir de 87, 39 e 11 DAE para o espaçamento de 60 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, sendo reduzida

32%, 55% y 77% a produção, respectivamente, enquanto para o espaçamento de 90 cm e densidade de semeadura de 5, 10 e 15 plantas m⁻¹, os PAIs foram 4, 41 e 11 DAE, com redução de 65%, 57% e 62% na produção, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Agostinho, F. H., R. Gravena, P. L. C. A. Alves, T. P. Salgado and E. D. Mattos. 2006. The effect of cultivar on critical periods of weed control in peanuts. *Peanut Science*. 33(1):29-35.
- Andrioli, I. e J. F. Centurion. 1999. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. **In:** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27. Anais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Brasília, DF. CD-ROM.
- Barbosa, L. M. e R. A. Pitelli. 1990. Estudos sobre períodos de interferência de plantas daninhas na produtividade do amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.). Hoehnea, São Paulo. 17(2):33-41.
- Bianco, S. 1978. Matocompetição em amendoim “das secas” sob diferentes condições de adubação. Trabalho de Graduação. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. Brasil. 66 p.
- Bleasdale, J. K. A. 1960. Studies on plant competition. **In:** The biology of weeds. Harper, J. L. (Ed.) Oxford, UK: Blackwell Sci. Publ. 133-42 p.
- Bulgarelli, E. M. B. 2008. Caracterização de variedades de amendoim cultivadas em diferentes populações. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal-SP, Brasil. 61 p.
- Cardozo, N. P., M. Nepomuceno, T. C. S. Dias, P. L. C. A. Alves e E. Casadei. 2006. Interferência de plantas daninhas na cultura do amendoim em solo com trifluralina. **In:** Encontro Sobre a Cultura do Amendoim, 3. Resumos. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- Carneiro, M. S. 2006. Influência do espaçamento no desenvolvimento do amendoim, cultivar Runner IAC 886. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal SP, Brasil. 53 p.

- Dias, T. C. S., P. L. C. A. Alves, M. C. M. D. Pavani e M. Nepomuceno. 2009. Efeito do espaçamento entre fileiras de amendoim rasteiro na interferência de plantas daninhas na cultura. *Planta Daninha*. 27(2):221-228.
- Everman, W. J., S. B. Clewis, W. E. Thomas, I. C. Burke and J. W. Wilcut. 2008. Critical period of weed interference in peanut. *Weed Technology*. 22(1):63-67.
- Feakin, S. D. 1973. Pest control in groundnuts. 3rd ed. London: Center for Overseas Pest Research. 197 p.
- Gavioli, V. O. 1985. Efeitos da época e extensão do período de controle de plantas daninhas sobre a cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em duas épocas de semeadura. Trabalho de Graduação em Agronomia. UNESP/FCAVJ. Jaboticabal-SP, Brasil, 62 p.
- Godoy, I. J. 2002. Principais características de cultivares IAC. Campinas: IAC. Folheto.
- Kasai, F. S., E. M. Paulo, J. C. Cavichioli, V. A. Peressin e T. Igue. 1997. Efeitos dos períodos de competição do mato na cultura do amendoim: I. Safra da seca de 1988. *Bragantia*. 56(2):323-331.
- Kissmann, K. G. e D. Groth. 1999. Plantas infestantes e nocivas. 2da ed. São Paulo: BASF. Tomo II. 978 p.
- Martins, D. M. e R. A. Pitelli. 1994. Interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim das águas: efeitos de espaçamentos, variedades e períodos de convivência. *Planta Daninha*. 12(1):87-92.
- Meschede, D. K., R. S. Oliveira Jr., J. Constantin e C. A. Scapim. 2004. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. *Planta Daninha*. 22(2):239-246.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Willey and Sons. New York. 547 p.
- Nepomuceno, M., T. C. S. Dias, P. L. C. A. Alves, G. D. Cardoso e L. W. Marcolini. 2006. Interferência das plantas daninhas na produção do amendoim, em dois anos consecutivos, na região de Jaboticabal. **In:** Encontro Sobre a Cultura do Amendoim, 3. Anais. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- Nepomuceno, M., P. L. C. A. Alves, T. C. S. Dias e R. A. Luvezuti. 2005. Interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim. **In:** Encontro Sobre a Cultura do Amendoim, 2. Anais. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- Pacheco, R. P. B. 1980. Duração do período de competição de plantas daninhas na cultura do amendoim-da-seca (*Arachis hypogaea* L.). *Vegetalia*. 3(1):1-11.
- Pitelli, R. A. 1980. Efeitos do período de competição das plantas daninhas sobre a produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e o teor de macronutrientes em suas sementes. Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP. Jaboticabal-SP, Brasil. 89 p.
- Pitelli, R. A. 1985. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. Informe. Agropecuário. 11(29):16-27.
- Pitelli, R. A., V. D. Gavioli, R. Gravena e C. A. Rossi. 2002. Efeito de período de controle de plantas daninhas na cultura de amendoim. *Planta Daninha*. 20(3):389-397.
- Pitelli, R. A., V. A. Peressim, L. C. Pansini e D. Perecin. 1984. Efeitos de períodos de convivência das plantas daninhas sobre a produtividade da cultura do amendoim das secas. *Planta Daninha*. 7(1):58-64.
- Pitelli, R. A., E. C. Ferraz e G. De Martins. 1981. Efeito do período de matocompetição sobre a produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). *Planta Daninha*. 4(2):110-119.
- Pitelli, R. A. e J. C. Durigan. 1984. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. **In:** Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, 15. Resumos. Belo Horizonte: SBHED. 37 p.
- Romanini Junior, A. 2007. Influência do espaçamento de plantas no crescimento, produtividade e rendimento do amendoim rasteiro, cultivar Runner IAC 886. UNESP. Dissertação (mestrado) - Jaboticabal-SP, Brasil, 60 p.
- Souza Junior, N. L., M. Nepomuceno, P. L. C. A. Alves, N. P. Cardoso e M. C. M. D. Pavani. 2006. Interferência das plantas daninhas no amendoizeiro, em área de renovação de canavial, em dois anos consecutivos. **In:** Encontro Sobre a Cultura do Amendoim,

3. Anais. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

Yamauti, M. S. 2009. Interferência das plantas daninhas no amendoimzeiro. UNESP. Dissertação (mestrado) - Jaboticabal-SP, Brasil. 71 p.

Weed Science Society of America. 2007. Sanseman S.A., editor Herbicide Handbook. 9th ed. Lawrence, KS Herbicide Handbook Committee, WSSA. 233-234 pp.

CAPACIDAD DE FIJACIÓN DE NITRÓGENO ATMOSFÉRICO DE CEPAS NATIVAS DE AGROECOSISTEMAS VENEZOLANOS¹

CAPACITY ATMOSPHERIC NITROGEN FIXATION OF NATIVE STRAINS OF VENEZUELAN ECOSYSTEMS¹

Marisol López*, Rafael Martínez Viera**, Mariluz Brossard Fabrè*** y Marcia Toro****

¹Trabajo financiado por el INIA, proyecto 7-281-150-341 en el marco del Convenio de Cooperación Técnica Cuba-Venezuela.

*Investigadora. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones INIA-CENIAP-Maracay.

**Investigador. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT)-Cuba.

***Investigadora. IS-Cuba, Convenio de Cooperación Técnica Cuba -Venezuela.

****Profesora. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Caracas. Venezuela.

Correo electrónico: mlopez@inia.gob.ve; mtoro@ciens.ucv.ve

RESUMEN

La baja eficiencia de fertilizantes nitrogenados de origen industrial, así como los altos costos energéticos y ambientales hacen necesario generar tecnologías de menor impacto como los biofertilizantes a base de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico para sustituir parcial o totalmente las fuentes industriales. La población de microorganismos nativos y su capacidad de fijación de nitrógeno (CFN) fue estimada a través de pruebas de agitación-fermentación de los bioproductos durante 72 h en el laboratorio. Simultáneamente las cepas se inocularon en los medios de cultivo Ashby y DIMARGON[®]-M y se agitaron diariamente por 6 h durante 15 d. El diseño experimental fue al azar con tres repeticiones. Se evaluaron nueve cepas fijadoras de nitrógeno atmosférico de vida libre (FNVL), divididas en dos grupos. El grupo 1 con cuatro cepas: FNGM_{Bar}, FNMGS_{SR141P}, FNMGS_{SR12P}; FNMGS_{SR11P} aisladas de tratamientos evaluados en campo con principios agroecológicos. El grupo 2 con cinco cepas: 9, 12, 17, T5 y B1 pertenecen al Cepario Nacional INIA-CENIAP. El nitrógeno (N) producido por cada cepa y su equivalente en kg ha⁻¹ fue significativamente (P<0,05) diferente entre tratamientos evaluados. Todas las cepas fueron preseleccionadas por su CFN y por mantener altas poblaciones, 10¹⁰ y 10¹³ UFC ml⁻¹ en medio Ashby y DIMARGON[®]-M, respectivamente, garantizando alta concentración y bajas dosis de aplicación. El grupo 1 puede aportar al suelo entre 46 y 50 y el grupo 2 entre 39 y 48 kg de N ha⁻¹, respectivamente, en cultivos de interés socioproductivo.

Palabras Clave: cepas nativas; fijación de nitrógeno; bacterias de vida libre; agroecosistemas.

SUMMARY

The low efficiency of industrial nitrogen fertilizers, as well as the high energetic and environmental costs make necessarily generate low impact technologies like biofertilizers based on atmospheric nitrogen fixing bacteria to substitute partially or totally the industrial sources. The population of native microorganisms and its capacity of nitrogen fixation (CFN) were estimated using agitation-fermentation tests by bioproduct agitation during 72 h in the laboratory. Simultaneously strains were inoculated in the culture medium Ashby and Dimargon[®]-M and shaking daily by six hours for 15 d. A randomized design with three repetitions was used. Nine strains atmospheric nitrogen fixing free life bacteria (FNVL), were assessed, divided into two groups. Group 1 with four strains: FNGM_{Bar}, FNMGS_{SR141P}, FNMGS_{SR12P}; FNMGS_{SR11P} isolated from treatments evaluated in field with agroecological principles. And the group 2 with five strains: 9, 12, 17, T5 and B1 belong to the National Strain Collection of INIA-CENIAP. The nitrogen (N) produced by each strain and its equivalent in kg ha⁻¹ was significantly (P<0.05) different between treatments evaluated. All strains were pre-selected by its CFN and by maintain high populations, 10¹⁰ and 10¹³ CFU ml⁻¹ in Ashby and Dimargon[®]-M mediums, respectively, ensuring high concentration and low doses of application. Group 1 could provide the soil between 46 and 50 and the group 2 between 39 and 48 kg N ha⁻¹, respectively, in crops of socioproductive interest.

Key Words: native strains; nitrogen fixation; free-living bacteria; agroecosystems.

RECIBIDO: abril 20, 2010

ACEPTADO: junio 20, 2011

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, siglas en inglés FAO (2004), estimó pérdidas entre 2 y 25% de todas las especies del planeta en los próximos decenios. Entre los aspectos negativos de la agricultura agroquímica, se encuentran los altos subsidios en los insumos y la simplificación de la estructura de los ecosistemas, lo cual afecta drásticamente su dinámica y sustentabilidad, a su vez conduce a una disminución en la biodiversidad, situación crítica en las zonas tropicales, pues, al simplificar la comunidad biológica del suelo se afecta su fertilidad natural.

Por otra parte, la producción de alimentos a nivel mundial se sustenta sobre la base de altas aplicaciones de fertilizantes inorgánicos, principalmente de origen industrial. En este sentido, Dyson (1996) estimó las necesidades de fertilizantes nitrogenados para cubrir la demanda de N para el año 2020, en 160 millones de toneladas solo para la producción de cereales. Estas estimaciones permitieron predecir el impacto que estos fertilizantes pudieran seguir ocasionando sobre los recursos naturales y el ser humano, si no se toman medidas preventivas.

Los 77 000 Mg de fertilizante nitrogenado que se aplican en el mundo, requieren anualmente 100 000 Mg de combustible, equivalente al 1,4% de todo el combustible consumido (McCown *et al.*, 1988; Böckman, 1997) se espera que cada año sea mayor lo cual hace que ese ritmo de consumo sea insostenible.

En el país, particularmente el Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT) realizó proyecciones sobre las necesidades de fertilizantes nitrogenados con el propósito de alcanzar la seguridad y soberanía agroalimentaria, estableciendo estrategias para disminuir las importaciones de alimentos y estimando el incremento de la superficie para la producción agrícola vegetal a 4 230 514 ha, en el período 2009-2019, lo que significa que se elevarán los requerimientos de fertilizantes, necesitando 671 299,97 y 1 585 226,55 t año⁻¹ de urea y fórmula completa, respectivamente. El aumento interanual promedio de estos fertilizantes para dicho período se calculó en un 19% (11% fórmula + 8% urea), según el MPPAT, 2009, razón por la cual, es necesario auspiciar su uso eficiente y racional, además de la incorporación de otras fuentes locales orgánicas y biológicas.

Haciendo uso de los biofertilizantes, el consumo energético y la contaminación ambiental, pueden ser significativamente reducidos a través de procesos biológicos que contribuyen exitosamente en cubrir las necesidades de nitrógeno (N) de los cultivos (Peoples y Craswell, 1992), tanto por bacterias rizosféricas del género *Rhizobium* (España *et al.*, 2006) que viven en simbiosis con plantas leguminosas, como por bacterias que habitan en la rizósfera en forma asociativa; ambos tipos de microorganismos están presentes en los agroecosistemas tropicales, y pueden ser activados al manejar los sistemas de producción con bajos insumos y principios agroecológicos (López, 2010).

En Venezuela se le dio rango jurídico a la agricultura sustentable y al desarrollo rural integral (CRBV, 1999) y recientemente se aprobó la Ley de Salud Agrícola Integral (2008) que garantiza, a través de una plataforma biotecnológica en construcción, la producción de biofertilizantes simbióticos y asimbióticos como estrategia de Estado para disponer de tecnologías alternativas que permitan transitar hacia un modelo socioproductivo sustentable (López *et al.*, 2009).

Entre los biofertilizantes asimbióticos se encuentran los producidos a base de bacterias con capacidad para fijar N atmosférico en forma asimbiótica, denominadas fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL), estas bacterias pudieran contribuir significativamente a suministrar N a los cultivos y sustituir parcialmente la aplicación de fertilizantes nitrogenados de origen industrial, lo cual constituye una alternativa viable para proveer el N en cultivos de interés socioproductivo (como los cereales), altamente exigente en este elemento, entre otros.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno (FBN) de las cepas FNVL nativas, aisladas de diferentes condiciones agroecológicas del país, avanzando en el proceso de evaluación y selección de cepas efectivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron pruebas sencillas con las cepas en el laboratorio, permitiendo estimar su capacidad de fijación de nitrógeno (CFN) atmosférico haciendo una primera preselección antes de ser caracterizadas e ingresadas al Cepario Nacional, con miras a ser utilizadas como insumo biológico o materia prima en la preparación de biofertilizantes, para lo cual deberán someterse a pruebas más rigurosas de laboratorio, invernadero y campo.

Cepas evaluadas: nueve cepas fueron utilizadas en las pruebas de efectividad de fijación de N atmosférico, las cuales se dividieron en dos grupos:

Grupo 1: integrado por cuatro cepas: FNMG_{Bar}, FNMG_{SR14f}, FNMG_{SR12f}, FNMG_{SR11f}, aisladas de lotes experimentales a nivel de campo, donde existen registros y conocimiento de la historia de uso de un sistema de producción sorgo-frijol, que se evalúa en suelos ácidos de muy baja fertilidad natural, manejados con principios agroecológicos durante 10 años, ubicados en el estado Guárico, provenientes de las siguientes parcelas experimentales:

- Barbecho (FNMG_{Bar}), manteniendo la vegetación nativa del sitio experimental, lo cual representa un testigo absoluto de las condiciones agroecológicas naturales del paisaje de mesas disectadas y suelos de sabanas.
- Sin residuos (FNMG_{SR}) fueron aisladas de las parcelas, en las que se extraen los restos de cosecha y no se aplican abonos orgánicos, simulando la práctica que realiza el agricultor al dejar el suelo desprotegido después de cosechar e ingresar el ganado a pastorear los restos de cosecha. Las tres parcelas SR donde se aislaron las cepas FNMG_{SR14f}, FNMG_{SR12f} y FNMG_{SR11f} recibieron fertilización inorgánica con base a N, P, K. Los subíndices t4 y t2 se refieren a la fuente de P: fosfato diamónico (FDA) y roca fosfórica, respectivamente, y t1 el testigo sin aplicación de P. Todas provienen de suelos de reacción ácida, con un pH que osciló entre 4,7 y 5,3.

Grupo 2: pertenecen a la colecta del Cepario Nacional que está en proceso de evaluación y caracterización taxonómica y molecular. Está compuesto por cinco cepas FNVL provenientes de diferentes agrosistemas del país y bajo distintos tipos de uso de la tierra (TUT), registradas con los códigos: 9, 12, 17, T5 y B1, provenientes de los estados Portuguesa, Zulia, Delta Amacuro, Anzoátegui y Mérida, respectivamente. Todas, asociadas a la rizósfera de cultivos, desconociéndose con precisión la historia de manejo en los últimos años de los sitios muestreados.

Aislamientos: se realizaron siguiendo los procedimientos y métodos propuestos por Martínez *et al.* (2006). A partir de una muestra de suelo compuesta de aproximadamente 50 g proveniente de la rizósfera de los cultivos presentes en cada agroecosistema, se pesó 1 g y se realizaron diluciones hasta 10^{-6} . De esta última se extendió 0,1 ml en cajas de Petri con medio de cultivo Ashby, a los 5 d se seleccionaron las colonias que mostraban

mejor apariencia morfológica, cuyas características mostraron apariencia similar a una gota de agua fija en el medio, con borde regular o irregular como gotas de agua convexa, de tamaño grandes o pequeñas, transparentes, lechosas y blanquecinas, típica de las colonias del género *Azotobacter*. Se contaron y se aislaron en tubos de ensayo, utilizando el mismo medio de cultivo.

Procedimientos para evaluar la efectividad de fijación de nitrógeno atmosférico

Simultáneamente, se colocó 10 ml de medio de cultivo Ashby (libre de N) y 10 ml del medio Dimargon®-M en tubos de ensayo. Cada tubo se inoculó con dos ansas del cultivo de la cepa correspondiente. Se realizaron tres repeticiones por cada cepa, obteniéndose tres tubos por cepa y por medio de cultivo. Todos los tubos se dejaron durante 15 d en condiciones de laboratorio. A diario se agitó cada tubo a 160 r.p.m durante 6 h para estimular el crecimiento bacteriano, determinándose la población de microorganismos y la cantidad de N por el método de Kjeldahl (1983). Igualmente, se obtuvo por el método de conteo viable por dilución seriada el tamaño de la población de cada una de las bacterias.

Estimación de aportes de nitrógeno por hectárea: Los resultados obtenidos se utilizaron para hacer el cálculo de la estimación teórica de N que pudieran fijar estas bacterias en condiciones de campo, para ello se consideró como peso promedio de 1 ha de suelo, el equivalente a 2 000 000 kg. El peso de 1 ha se utiliza para transportar al campo los datos originados en el laboratorio (Thompson y Troeh, 1982).

En este caso se consideró una profundidad de 0-15 cm; la densidad aparente (D_a) de $1,33 \text{ g cm}^{-3}$: el cálculo se hizo a través de la ecuación física: Densidad (d)= masa / volumen = masa (peso de 1 ha) = $D_a \times \text{volumen}$. El peso varía entre tipos de suelos, dependiendo de la profundidad y la D_a de cada uno; por otra parte, no se consideraron los factores que afectan directamente el proceso de fijación de N de una cepa una vez que es inoculada en campo, entre los cuales se encuentran la humedad, temperatura, disponibilidad de nutrientes iniciales, tipo de manejo del agroecosistema, entre otras variables.

Criterios establecidos: se consideró una población de bacterias fijadoras de 10^8 células/g, valor de referencia mínimo que deben tener los biofertilizantes para considerarlos de calidad y establecer dosis bajas de aplicación en campo (Leaungvutiviroj *et al.*, 2010), esta población

de bacterias FNVL expresada en UFC ml⁻¹ se contrastó con la población obtenida después de 15 d de incubación y agitación diaria señalada en los procedimientos para evaluar la efectividad.

Para conocer la probabilidad de que las bacterias evaluadas sean seleccionadas para la producción de biofertilizantes, debían crecer y mantener altas poblaciones en un medio de cultivo comercial.

En este caso, se utilizó el medio Dimargon® modificado (Dibut y Martínez-Viera, 2001). Se realizaron fermentaciones con agitaciones a 160 r.p.m de los bioproductos durante 72 h en frascos con 500 ml del medio modificado e inoculados con 50 ml de la bacteria correspondiente. Las cepas aisladas y multiplicadas en frascos de Erlenmeyer se agitaron durante 72 h. Simultáneamente, se realizó igual procedimiento utilizando el medio de cultivo Ashby, recomendado en la literatura para aislar y mantener bacterias FNVL del género *Azotobacter*. Las poblaciones de bacterias que se desarrollaron fueron determinadas por recuento directo en cámara de Neubauer y por el método de dilución en placas de Petri.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grupo 1: Crecimiento bacteriano: las cepas de bacterias FNVL presentaron poblaciones promedio de 10¹⁰ y de 10¹³ UFC ml⁻¹ en medio Ashby y Dimargon® modificado, respectivamente. Se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre cepas dentro de un mismo medio de cultivo. Las mayores poblaciones con diferencias estadísticas significativas ($P < 0,01$) fueron obtenidas con las bacterias aisladas de la parcela con FNMG_{Bar}. Las poblaciones fueron de 10¹² UFC ml⁻¹, 100 veces superiores a las que se obtuvieron con los medios utilizados en la fabricación industrial (Martínez-Cruz *et al.*, 1993; Dobbelaere *et al.*, 2001).

Estimación de cantidad de nitrógeno fijado por cepa

El N producido por cepa/tubo en los medios de cultivo correspondiente y la estimación de la FBN que pudiera ser fijado en campo (Cuadro 1) fue significativamente ($P < 0,05$) diferente entre tratamientos (cepas evaluadas).

Las cepas: FNMG_{Bar}, FNMG_{SR14F}, FNMG_{SR12F} pudieran aportar al suelo entre 46 y 50 kg de N ha⁻¹. La cepa FNMG_{Bar} aportó significativamente ($P < 0,05$) mayor cantidad de N, aproximadamente 50 kg ha⁻¹ (Cuadro 2), seguido de las cepas FNMG_{SR14F} y FNMG_{SR12F} y por último

la FNMG_{SR11F} con menor cantidad de N (41 kg ha⁻¹). Estos valores se encuentran entre los rangos de capacidad fijadora mostrados por Day y Döbereiner (1976) para el caso de bacterias asociativas FNVL.

La cepa FNMG_{Bar} proviene de un suelo mantenido bajo condiciones naturales, muy ácido (pH < 5,0) y muestra alta CFN. La reacción del suelo donde se aislaron las otras tres cepas, también fue ácida (pH entre 4,7 y 5,0). Estos son suelos que fueron manejados con principios agroecológicos, sin aplicaciones de cal agrícola. Los resultados reflejan el alto potencial que presenta este grupo de cepas para ser utilizadas como posibles insumos biológicos en la preparación de biofertilizantes; bioinsumos que pueden contribuir a incrementar la capacidad productiva de suelos ácidos al ser aplicados como inoculantes o al activarse su población con prácticas agroecológicas y bajos insumos. Esta tecnología permitiría para el caso de cultivos como cereales, frutales y hortalizas, reducir las dosis de fertilizantes nitrogenados de origen industrial hasta en 50% para el caso de la cepa FNMG_{Bar}, considerando requerimientos de 100 kg ha⁻¹ de N. Esto sugiere la capacidad que pueden tener los microorganismos presentes en agroecosistemas de sabanas calificados inadecuadamente en algunas literaturas como “suelos infértiles”.

CUADRO 1. Resumen análisis de varianza. Nitrógeno por tubo y en kg ha⁻¹ por grupo de cepas.

Variables	Causas de variación	
	Tratamientos cepas	CV (%)
Grupo 1		
Nitrógeno (%) por		
cepa-tubo-medio de cultivo	*	0,22
Nitrógeno (kg ha ⁻¹) en suelo	*	1,09
Grupo 2		
Nitrógeno (%) por		
cepa-tubo-medio de cultivo	*	0,17
Nitrógeno (kg ha ⁻¹) en suelo	*	0,87

*Significativo ($P < 0,05$); CV= coeficiente de variación. Prueba de media Duncan.

CUADRO 2. Cantidad de nitrógeno producido por cada cepa evaluada en tubo y su equivalente en suelo por. Grupo 1.

Tratamientos cepas	Nitrógeno (%) por cepa/ tubo	Nitrógeno en suelo (kg ha ⁻¹)
FNMG _{SRt1f}	0,00205 d	41,00 c
FNMG _{SRt2f}	0,00230 c	46,00 b
FNMG _{SRt4f}	0,00230 b	46,00 b
FNMG _{Bar}	0,00250 a	49,67 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en la misma columna. Prueba de media Duncan. Las medias obtenidas se aproximaron para llevar valor a dos decimales.

Grupo 2: Crecimiento bacteriano: todas las cepas bacterianas asociativas FVLN, mantuvieron poblaciones de 10^{10} UFC ml⁻¹ en medio de Ashby y de 10^{13} UFC ml⁻¹ en Dimargon® modificado. Condición que le confiere posibilidades para ser utilizadas como insumos biológicos para producir biofertilizantes bacterianos, al igual que el primer grupo.

La contribución del N de las cepas 12, 9, T5, B1 y 17 osciló entre 39 y 48 kg ha⁻¹ (Cuadro 3). Los aportes de N de las tres primeras cepas están entre los rangos de producción promedio citado por Day y Döbereiner (1976), las cepas B1 y 17 presentan valores por debajo del promedio. Sin embargo, pudieran aportar alrededor de 40 kg ha⁻¹ de N, que representa una cantidad importante si se logra la efectividad de las cepas en condiciones de nuestros agroecosistemas, permitiendo reducir significativamente las dosis de N-industrial, disminuir los costos ambientales, energéticos y de producción.

En este sentido, McCown *et al.* (1988) señalaron que para producir 1 t de N-atmosférico con alta presión y temperatura por el proceso industrial Haber-Bosch, se requiere 1,3 t de combustible y entre los gases emitidos a la atmósfera por este proceso industrial se encuentran el dióxido de carbono (CO₂) y óxido de N (N₂O), gases de invernaderos y significativos contribuyentes del calentamiento global (Galloway, 1998; Galloway *et al.*, 2003).

Las estimaciones de la cantidad de N atmosférico que pudieran fijar las cepas evaluadas, son valores aproximados. No obstante, permiten hacer una primera selec-

ción de las cepas con mayor potencial para continuar el proceso de evaluación de la efectividad a través de otras pruebas en invernadero y campo y realizar cuantificaciones de N utilizando otros métodos más precisos y directos como cromatografía de gases y ¹⁵N, pruebas definitivas para cuantificar la cantidad de N-fijado de la atmósfera. Las cepas serán ingresadas al Cepario Nacional del INIA-CENIAP e identificadas taxonómica y molecularmente a medida que los resultados reflejen mayor potencial para ser utilizadas como biofertilizantes.

Los resultados obtenidos, muestran que el medio Dimargon® modificado, posee las condiciones para mantener altas poblaciones de las cepas evaluadas, por lo que podrá ser utilizado como medio de cultivo en la producción de biofertilizantes con estos microorganismos bacterianos, en la fabricación artesanal, semindustrial e industrial de los bioproductos (particularmente, los basados en bacterias FNVL como el *Azotobater*).

Las cepas preseleccionadas (Grupo 1) fueron evaluadas en pruebas de bioestimulación en experimentos de invernadero (datos no mostrados) estimulando la longitud radical y del tallo de un cultivar de tomate (híbrido Río Grande). La cepa FNMG_{Bar} estuvo entre las evaluadas por López *et al.* (2008) en dos suelos contrastantes venezolanos, donde se probó el efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz (cv. INIA-SQ-1).

CUADRO 3. Cantidad de nitrógeno producido por cepa en tubo y su equivalente en suelo por tratamiento. Grupo 2.

Tratamientos cepas	Nitrógeno (%) por cepa/tubo	Nitrógeno en suelo (kg ha ⁻¹)
12	0,00240 a	48,00 a
09	0,00240 a	48,00 a
T5	0,00230 b	46,00 b
B1	0,00205 c	41,00 c
17	0,00195 d	39,00 d

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en la misma columna. Prueba de media Duncan. Las medias obtenidas se aproximaron para llevar valor a dos decimales.

Entre los bioproductos se utilizó uno preparado con la cepa FNMG_{Bar} identificada como *Azotobacter* sp. En dicha investigación se encontraron resultados que muestran el potencial de la cepa FNMG_{Bar} para bioestimular el crecimiento vegetal y fijar N atmosférico de forma asociativa, lográndose un mejor comportamiento en el suelo de mayor disponibilidad de P.

CONCLUSIONES

- Los medios de cultivo evaluados presentaron condiciones óptimas para aumentar el número de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC ml⁻¹) para producir biofertilizantes de calidad.
- El método de incubación y fermentación con agitaciones por períodos cortos, permitió estimar la capacidad de cepas de vida libre para fijar nitrógeno, criterio preliminar para preseleccionar los microorganismos con potencial para ser utilizados como biofertilizantes.
- Las cepas nativas FNVL aisladas de agroecosistemas venezolanos presentan potencial para aportar de 39 a 50 kg de N ha⁻¹ a cultivos de interés socioproductivo y contribuir significativamente a cubrir los requerimientos de cultivares, además de reducir las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados de origen industrial, que coadyuvaría a disminuir el impacto negativo sobre el ambiente.
- Las cepas preseleccionadas deben ser evaluadas a través de otros métodos y procedimientos más precisos para determinar su capacidad real de fijación de N, así como, seleccionar las más efectivas y compatibles para un cultivo y suelo determinado antes de utilizarse como biofertilizantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Böckman, O. 1997. Non biological nitrogen fixation. In: Biological Nitrogen Fixation. The Global Challenge and Future Needs. Roma, 24-26 pp.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. 1999. 99 p.
- Day, J. H. and J. Dobereiner. 1976. Physiological aspects of N₂-fixation by *Spirillum* from *Digitaria* roots. Soil. Biol. Biochem. 8:45-50.

- Dibut, B. y R. Martínez-Viera. 2001. DIMARGON-M, medio de cultivo para la fabricación industrial de biofertilizantes y bioestimuladores microbianos. Cultivos Tropicales, 36:45-52.
- Dobbelaere, S., A. Croonenborghs and A. This. 2001. Azospirillum. Australian Journal Plant Physiology, 28:871-879.
- Dyson, T. 1996. Population and Foods. Global Trends and Future Prospects. Global Environmental Programme Rutledge. 45 pp.
- España, M., E. Cabrera and M. López. 2006. Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from Venezuelan savannas using ¹⁵N. Interciencia. 31:197-201.
- Galloway, J. N. 1998. The global nitrogen cycle: changes and consequences. Environmental Pollution, 102(S1):15-24.
- Galloway, J. N., J. D. Aber, J. W. Erisman, S. P. Seitzinger, R. W. Howarth, E. B. Cowling and B. J. Cosby. 2003. The Nitrogen Cascade. BioScience, 53(4):341-356.
- Kjeldahl, J. 1983. A new method for the determination of nitrogen organic matter. 2. Analytical Chemistry, 22,366.
- Leaungvutiviroj, C., P. Ruangphisarn and P. Hansanimitkul. 2010. Development of a new biofertilizer with a high capacity for N₂ fixation, phosphate and potassium solubilization and auxin production. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 74(5):1 098-1 101.
- Ley de Salud Agrícola Integral. 2008. Decreto N° 6129 con Rango, Valor y Fuerza de Ley de Salud Agrícola Integral. Gaceta Oficial 5890 extraordinaria de la Rep. Bol. Vzla.
- López, M., R. Martínez-Viera, M. Brossard, A. Bolívar, N. Alfonzo, A. Alba y H. Pereira. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. Agronomía Trop. 58(4):391-401.
- López, M., B. Rodríguez y A. Bolívar. 2009. Estrategias del Estado venezolano para consolidar el uso de biofertilizantes en la agricultura. Simposio sobre biofertilizantes, riesgos y ventajas. XVIII. Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Santa Bárbara del Zulia, del 09 al 13 de marzo de 2009. 3 p.

- López, M. 2010. Manejo agroecológico del sistema sorgo-frijol, efecto sobre la fertilidad del suelo y microorganismos con potencial para biofertilizar agroecosistemas venezolanos. Tesis de doctorado en Ciencia del Suelo. Postgrado en Ciencias del Suelo. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 211p.
- Martínez-Cruz, A., T. Bach, A. Delgado y V. Martínez. 1993. Fosforina, un nuevo biopreparado para la Agricultura. VII Forum de Ciencia y Técnica. La Habana, 68 p.
- Martínez-Viera, R., M. López, M. Brossard, G. Tejeda, H. Pereira, C. Parra, J. Rodríguez y A. Alba. 2006. Procedimientos para el estudio y fabricación de Biofertilizantes Bacterianos. Maracay. Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 88 p. (Serie B No 11).
- McCown, R. L., A. L. Cogle, A. P. Ockwell and T. G. Reeves. 1988. Nitrogen supply to cereals in legume ley systems under pressure. **In:** Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. C. A. B. International, Wallingford. Ed. J. R. Wilson. 292-314 pp.
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. Pérdida de la biodiversidad fitogenética. Disponible en: http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2004/51102/article_51107es.html.
- Peoples, M. B and E. T. Craswell. 1992. Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and contributions to agriculture. *Plan and Soil*, 141:13-39.
- Thompson, L. M. y F. R. Troeh. 1982. Los suelos y su fertilidad. Barcelona España. Editorial Reverté, S. A. 387 p.

SELECCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TABACO VIRGINIA EN CUBA CON RESISTENCIA AL MOHO AZUL Y PATA PRIETA PARA LAS CONDICIONES DE BRASIL

SELECTION OF SNUFF VIRGINIA PROMISING LINES IN CUBA WITH RESISTANCE TO BLUE MOLD AND PATA PRIETA IN BRAZIL'S CONDITIONS

Maribel Espino Domínguez* y Carlos E. Puccinelli**

*Investigadora. Instituto de Investigaciones del Tabaco. La Habana, Cuba.

**Investigador. Centro de Mejoramiento. Rio Negro Paraná, Brasil.

Correo electrónico: jefedivisionbiologia@iitabaco.co.cu - cmeduardo@souzacruz.com.br

RESUMEN

La compañía Souza Cruz de Brasil fue evaluada por más de 60 años como una de las mayores productoras de cigarrillos del mundo, de ahí que sea prioritaria la atención, cuidado y manejo del tabaco. Las enfermedades producidas por los hongos moho azul, *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* Adam y pata prieta, *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* Breda de Haan, provocan daños considerables a las hojas del tabaco, dejándolas inutilizables para la elaboración de los cigarrillos. Aunque en Brasil estas enfermedades solo se presentan en áreas de semillero, fue necesario conocer el comportamiento de la variedad PH-89 en Cuba, y a partir de éstos, iniciar un programa de mejoramiento genético, encaminado a la obtención de líneas resistentes a ambos patógenos. Mediante el método de mejora por selección genealógica se lograron las primeras generaciones filiales de los cruzamientos entre la variedad brasileña PH-89 y la cubana Virginia Resistente, donante de la resistencia al moho azul y la pata prieta. Durante la campaña 2006-2007 se seleccionaron en la generación F₂, 26 pie de líneas. En la 2007-2008, eligieron 42 plantas totales dentro de las 26 líneas, teniendo siempre en cuenta la resistencia a enfermedades y el fenotipo característico de las variedades brasileñas. En la zafra 2008-2009 se realizó la selección por familias y se obtuvieron 30 líneas del cruce. En la campaña tabacalera 2009-2010 se lograron 17 líneas promisorias, que pasarán a Prueba de Líneas y Concursantes, para definir cuál de ellas constituirá la variedad comercial para las condiciones de Brasil.

Palabras Clave: tabaco; *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*; *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*; patógeno; resistencia.

SUMMARY

The Brazilian company Souza Cruz is recognized for more than 60 years as one of the biggest producers of cigarettes in the world, so they focus their attention to the management and care of this solanaceae. The fungal origin diseases like *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* Adam and *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* Breda de Haan induce important damages to this crop leaves, making it unusable for the cigarettes production process, nowadays this two diseases are present in Brazilian seedbed's areas, that is why is necessary to create a management of genetic breed program in Cuba focused in obtaining vegetal varieties with resistance to this pathogens. Through the genealogic selection breeding method were obtained the first filial generations of crossing over the Brazilian variety PH-89 and the Cuban Virginia Resistente, which is a donor of a resistance against blue mold and black shank. During the 2006-2007 campaign were selected in the F₂ generation 26 lines, in the 2007-2008 42 plants were selected in 26 lines always keeping in mind the resistance to diseases and the phenotypic features of the Brazilian varieties. In the 2008-2009 harvest, was made a selection based on families with 30 lines as a result of the crossing. In the 2009-2010 period the amount of 17 promising lines were accomplished which will be passed through Lines test to select the future commercial variety for the Brazilian conditions.

Key Words: snuff; black shank; *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*; blue mold; *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*; pathogen.

RECIBIDO: abril 17, 2010

ACEPTADO: agosto 05, 2011

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético del tabaco, estuvo dirigido desde sus inicios a la búsqueda de variedades mejor adaptadas a las condiciones de cultivo de cada país y que a su vez tuvieran la calidad organoléptica deseada y la resistencia a las principales enfermedades.

En Cuba se realizan trabajos de mejora genética desde el año 1912, cuando se obtuvo la primera variedad que dio respuesta a los intereses del mercado en aquella época, ahora trabajan intensamente en mantener la calidad organoléptica del tabaco, en conjunto con la resistencia a las principales enfermedades que afectan al mismo, dentro de las que se encuentran el moho azul (*Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*, Adam) y la pata prieta (*Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, Breda de Haan).

Desde la aparición del moho azul en Australia en 1890 (Wark, 1970) se dio inicio a una intensa actividad dirigida hacia la obtención de genotipos resistentes. Siendo la fuente más utilizada la *N. debneyi*, la cual presenta una resistencia de tipo poligénico. Sin embargo, dada la diversidad de fuentes, el modo de herencia en estas pudiera ser distinto (Schilta *et al.*, 1977; Palakarcheva, 1977; Wittmer, 1972).

La pata prieta fue descrita por primera vez por Van Breda de Haan, en Java, en 1896 (Lucas, 1969). A partir de esa fecha comenzó su propagación por las zonas tabacaleras del mundo, hasta convertirse en uno de los principales azotes del tabaco. En cuanto al modo de herencia de la resistencia, los numerosos estudios realizados no concuerdan en sus resultados. En las condiciones de Cuba, las fuentes de resistencia utilizadas en los trabajos de mejoramiento se comportan como monogénicos dominantes con genes modificadores.

En los campos destinados a la producción de tabaco en Brasil, estas enfermedades solo se presentan en condiciones de semillero, sin descartar que pueda ocasionar un grave peligro para su producción tabacalera en el futuro.

Brasil es uno de los principales productores de tabaco, situado en el segundo lugar a nivel mundial, después de China. Más de las tres cuartas partes del total de su producción interna corresponden al tabaco tipo Virginia, y es el proveedor del 45% de las exportaciones mundiales (López, 2002). La Compañía Souza Cruz de Brasil no posee actualmente variedades de este tipo de tabaco que sean resistentes al moho azul y a la pata prieta.

Teniendo en cuenta que ambas enfermedades no se manifiestan en las condiciones de campo de este país, se llevó a cabo en Cuba un programa de mejoramiento dirigido a la obtención de líneas resistentes al moho azul y la pata prieta, para ser utilizadas en las condiciones de Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en áreas del Instituto de Investigaciones del Tabaco en Cuba, ubicado en el municipio San Antonio de los Baños, provincia La Habana.

Estudio varietal

En la campaña 2004-2005 se evaluó el comportamiento de las variedades siguientes: PH-89, de origen brasileño S-98 de procedencia norteamericana, como testigos susceptibles al moho azul y la pata prieta, además a la variedad cubana Virginia Resistente (García *et al.*, 2002), como testigo resistente a ambas enfermedades. Para ello, se trasplantaron 100 plantas por cada variedad.

El estudio se efectuó en el mes de diciembre en un suelo fuertemente contaminado por pata prieta para que el crecimiento y desarrollo de las plantas coincidieran con los meses de enero y febrero, cuando las condiciones ambientales son favorables para que se presente el moho azul de forma natural. De esta manera se garantizó una selección efectiva frente a ambos patógenos.

Mejoramiento genético

Se realizó un cruzamiento entre las variedades PH-89 (progenitor masculino) y Virginia Resistente (progenitor femenino), esta última utilizada como donante de la resistencia a la pata prieta y al moho azul, similar a la de *Nicotiana debneyi* (Muiño y González, 2009), con el objetivo de obtener líneas con resistencia a ambos patógenos, sin alterar las características típicas del tabaco brasileño.

Por otra parte, la fertilización, el riego, el control fitosanitario y demás atenciones culturales, se realizaron según el Instructivo Técnico para el Cultivo del Tabaco (Espino, 1998).

Una vez seleccionados los progenitores para el cruzamiento, se siguió la metodología descrita por Fristyk (1969).

En cuanto a la evaluación de la resistencia al moho azul, se utilizó la escala de CORESTA (Schiltz, 1974), para la pata se empleó el método de inoculación descrito por Peñalver (1983). En ambos procesos los grados de resistencia se establecieron de la forma descrita por Espino y Rey (1987).

Para el cruzamiento se empleó el método de selección genealógica modificado por Espino (1988), y el esquema de trabajo fue el siguiente:

Campaña	Cuba
2004-2005	Virginia Resistente x PH-89 ↓
2005-2006	F1 ↓
2006-2007	F2 ↓
2007-2008	F3 ↓
2008-2009	F4 ↓
2009-2010	F5

Para las cinco generaciones se trasplantaron 100 plantas por línea, intercalando entre ellas un surco de la variedad susceptible S-98 y otro de la resistente Virginia Resistente.

El trasplante de las poblaciones segregantes de este cruzamiento se efectuó en condiciones favorables para la aparición y desarrollo de los patógenos causantes del moho azul y la pata prieta, momento en que el cultivo se encontraba en la fase de mayor susceptibilidad (menos de 25 d de trasplante) señalado por Espino (1996). De esta forma, se logró una selección efectiva por resistencia a ambas enfermedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio varietal

El comportamiento de la resistencia de las tres variedades de tabaco ante el moho azul y la pata prieta. Se indica en el Cuadro 1, la alta susceptibilidad por la variedad S-98, demuestra que en el momento de evaluar la resistencia al moho azul, existía una alta concentración de inóculo que favoreció el trabajo de selección. Además,

se observó en la plantación, la reducción del crecimiento de las plantas y la ocurrencia de aborto floral en la totalidad de ellas, confirmando por Tso (1999) sobre las variedades susceptibles en presencia de un ataque intenso de moho azul.

Estos resultados con la variedad PH-89 obtenidos en Cuba, evidencian la alta susceptibilidad al ataque del moho azul y la pata prieta, demostrando el peligro potencial que tendría el cultivo del tabaco, si en un futuro estas enfermedades ocurrieran en las plantaciones de Brasil.

CUADRO 1. Comportamiento de la resistencia al moho azul y a la pata prieta en tres variedades de tabaco, durante la campaña tabacalera 2004-2005 en el municipio de San Antonio de los Baños, Cuba.

Variedades	Resistencia a enfermedades	
	Moho azul	Pata prieta
S-98	AS	MR
PH-89	AS	AS
Virginia Resistente	R	R

MR = Moderadamente resistente

R = Resistente

AS = Altamente susceptible

Mejoramiento genético

La primera generación filial (F_1) se obtuvo a partir del cruzamiento entre las variedades Virginia Resistente x PH-89, esta última aporta los caracteres fenotípicos y organolépticos deseados por la empresa Souza Cruz de Brasil, y a la Virginia Resistente, aquellos que la hacen invulnerable a ambas enfermedades.

De un total de 2 000 plantas que se trasplantaron en la generación F_2 , se seleccionaron 26 pie de líneas (Cuadro 2). En esta generación el criterio de selección que se siguió fue en primer lugar, la resistencia al moho azul y la pata prieta, y en segundo lugar, las líneas mantuvieran las características fenotípicas del tabaco brasileño.

CUADRO 2. Resultado de la selección en las generaciones segregantes.

Campaña	Generación	Nº de plantas	Resultado de la selección
2006-2007	F ₂	2 000	26 pie líneas (F ₃)
2007-2008	F ₃	2 600 (100 c/u)	42 líneas F ₄
2008-2009	F ₄	4 200 (100 c/u)	30 líneas F ₅
2009-2010	F ₅	3 000 (100 c/u)	17 líneas F ₆
Todas las campañas	S-98	500	0

Del fenotipo se tuvo en cuenta el color, la forma y la posición de la hoja en la planta; características importantes en las variedades utilizadas en Souza Cruz para la producción de tabaco, requiriendo la empresa de hojas lanceoladas y un ángulo de inserción respecto al tallo menor a 45° (Puccinelli, 2010)¹.

De la generación F₃ compuesta por 2 600 plantas, se seleccionaron 42 líneas individuales que presentaban solo pequeñas manchas de moho azul en sus hojas inferiores, corroborados por los criterios de Clayton (Lucas, 1969) al señalar que a medida que las plantas adquieren edad, la resistencia de las mismas aumenta.

Desde la generación F₄, se realizó la selección por familia de fenotipos adecuados para la obtención de altos rendimientos, basados fundamentalmente en el fenotipo deseado, sin descuidar la resistencia a ambas enfermedades. Las 30 líneas que resultaron seleccionadas presentaron hojas de gran tamaño, lanceoladas (mucho más largas que anchas), con superficie medianamente corrugada, de color verde claro, y con un ángulo de inserción menor de 45°, respecto al tallo de la planta.

Las 17 líneas obtenidas en la F₅ presentaron características distintivas del tabaco brasileño, su resistencia al moho azul y a la pata prieta podría definirse como moderadamente resistente.

La total destrucción de la variedad S-98, tomada como testigo susceptible, revela que en el momento de la selección existía un fuerte inóculo natural del moho azul y la pata prieta.

CONCLUSIONES

- La variedad brasileña PH-89 resultó altamente susceptible al ataque del moho azul y a la pata prieta.
- El cruzamiento efectuado entre la variedad brasileña PH-89 y la variedad cubana Virginia Resistente, donante de la resistencia a ambos patógenos, resultó muy efectivo.
- Las 17 líneas promisorias obtenidas en la generación F₅, presentan características distintivas del tabaco brasileño y moderada resistencia al moho azul y a la pata prieta.
- Se recomienda continuar con el programa de mejoramiento, realizar la prueba de líneas (F₆), la prueba de concursantes (F₇ y F₈) y llevar las líneas obtenidas (F₉) a extensión agrícola en áreas de Brasil.

BIBLIOGRAFÍA

- Espino M., E. 1998. Instructivo técnico para el cultivo del tabaco. Instituto de Investigaciones del Tabaco (INCA). Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 128 p.
- Espino M., E. 1996. Cuban cigar tobacco. Why Cuban Cigars are the World's Best. T.F.H. Publications, Edition: Hardcover Inc. 80 p.
- Espino M., E. 1988. El mejoramiento genético del tabaco (*N. tabacum* L.) en Cuba. Boletín de Reseña Tabaco nº 14. CIDA. 59 p.
- Espino M., E. y X. Rey. 1987. Nuevas variedades de tabaco negro para cultivo bajo tela resistentes al moho azul. Agrotecnia de Cuba, 19(1):47-60.
- Fristyk, K. A. 1969. Selección y ennoblecimiento de las variedades de tabaco. Primera Edición, La Habana, Cuba. 100 p.

¹Comunicación personal. Carlos Eduardo Puccinelli. Gerente de Investigaciones y Desarrollo. Centro de Mejoramiento del Tabaco, Souza Cruz S.A.

- García, C. H., E. Espino M., H. M. Díaz y G. M. Gil. 2002. 'Virginia Resistente-14' (VR-14), primera variedad comercial de tabaco flue-cured obtenida en Cuba, resistente al moho azul y a otras enfermedades. Rev. CUBATABACO. (3):1-5.
- López, B. L. 2002. Cultivos industriales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 907-1 069 p.
- Lucas, G. B. 1969. Enfermedades del Tabaco. Ediciones Revolucionarias. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 302 p.
- Muiño, G. B. y G. Y. González. 2009. *Peronospora hyoscyami* F. sp. *tabacina*, variabilidad de las poblaciones en Cuba. Fitosanidad, 13(4):243-252.
- Palakarcheva, M. 1977. Study of heredity of blue-mold (*Peronospora tabacina* Adam) resistance in intervarietal tobacco hybride. Bull Inf. CORESTA 1: 14.
- Peñalver, N. 1983. Comportamiento de variedades de tabaco frente a la raza cero del *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*. Cienc. Téc. Agric. Tabaco. 6(1):37-45.
- Schiltz, P. 1974. Tentative d'amélioration de l'essai collectif destiné a déterminer le pouvoir pathogène de *P. tabacina*. Bull. Inf. CORESTA.1:16-22.
- Schiltz P., J. C. Coussirat y R. Delón. 1977. La resistance au mildiou du tabac (*P. tabacina*) du type *N. debneyi* hérité probable apparition d'isolates virulents et strategie de lutte. Am. du Tabac SEITA, 2(14):111-127.
- Tso, T. C. 1990. Production, Physiology and Biochemistry of Tobacco. Institute of International Development and Education in Agriculture and Life Sciences. New York. 753 p.
- Wark, D. C. 1970. Development of flue-cured tobacco cultivars resistant a common strain of blue mold. Tobacco. Sci. 171(16):19-22.
- Wittmer, G. 1972. Aspects of introgressive hybridization in *Nicotiana* for breeding resistance. Bull. Inf. CORESTA Abstr. 51.

PLANTAS HOSPEDERAS DE CHINCHE VANEADORA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN CALABOZO, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA

HOST PLANT OF BEDBUG VANEADORA IN THE CULTIVATION OF RICE IN CALABOZO, GUÁRICO STATE, VENEZUELA

Luis E. Vivas C.* y Dilia Astudillo**

*Investigador. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Guárico, INIA-Calabozo, Venezuela.
Correo electrónico: lvivas@inia.gov.ve.

**Agroriesgo C.A, Calabozo, estado Guárico. Venezuela. Correo electrónico: dilita13@hotmail.com

RESUMEN

Se realizaron estudios en campos de arroz, *Oryza sativa* L., con riego en parcelas del sistema de riego río Guárico y en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Guárico (INIA-Guárico) entre los años 2003 y 2006. El objetivo fue determinar las plantas hospederas en el cultivo de arroz para la chinche vaneadora del arroz, *Oebalus insularis* Stal. (Heteroptera: Pentatomidae) en Calabozo estado Guárico. Once gramíneas fueron identificadas como hospederos alternos.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; cereales; arroz; plaga; planta hospedera; *Oebalus insularis* Stal.

SUMMARY

Studies, between 2003 - 2006 years, were conducted at irrigated growing areas of rice located *Oryza sativa* L. at river Guárico irrigation system and Guárico Experimental Station, of the National Agricultural Research Institute of Guárico State (INIA-Guárico) between 2003 and 2006. The objective was: Determine host plant in the cultivation of rice for the rice bug vaneadora, *Oebalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae). Eleven Gramineae plants were identified as alternate hosts.

Key Words: *Oryza sativa* L.; cereals; rice; pest; insect; alternate hostplants; *Oebalus insularis* Stal.

RECIBIDO: abril 23, 2010

ACEPTADO: mayo 31, 2011

INTRODUCCIÓN

La chinche vaneadora del arroz, *Oebalus* spp., de la familia Pentatomidae, constituye una de las plagas más importantes del arroz bajo riego en Venezuela (Aponte, 1990; Aponte *et al.*, 1992, 1997; Sánchez, 1995; Vivas, 2002). Los adultos y las ninfas causan daño al alimentarse de la panícula. Los granos al ser succionados pueden quedar parcial o totalmente vacíos o quebrarse en el momento de la molienda, ocasionando pérdidas en el rendimiento y calidad del grano. (Adams *et al.*, 1990; Aponte *et al.*, 1997; Daza, 1991; Guharay, 2002; Gutiérrez *et al.*, 1991; Meneses *et al.*, 2001; CRIN, 1991; Vivas, 2002). Se encuentran generalmente causando daños en la época de invierno y durante la fase de maduración del grano en las principales zonas arroceras de América (Aponte *et al.*, 1992, 1997; Daza, 1991; Pantoja *et al.*, 1997; CRIN, 1991; Vivas, 2008).

En el ámbito mundial, las plagas del arroz destruyen cerca del 35% de la producción, atribuyendo un 12% a los insectos, 10% a las malezas, 12% a los patógenos y 1% a los vertebrados que se alimentan del grano y dañan tallos. En América Latina, *Echinochloa colonum* (L.) Link (=E. colona) es la maleza de más amplia distribución considerada como hospedante alternativo de varias especies de insectos (Pantoja *et al.*, 1997).

En Colombia la presencia de *Echinochloa* favorece la migración temprana de chinches y estimula el aumento de la población hacia el comienzo de la etapa de la floración del cultivo de arroz (Daza, 1991; Pantoja *et al.*, 1997). Asimismo, en la zona del Tolima, *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop y *E. Colonom*, se reportaron como hospedantes alternos de *Mormidea* sp. Otra gramínea, *Turnera ulmifolia* L., es hospedante de *Euchistus* sp. Hernández y Parada citado por Vivas (2008) señalan que este insecto puede sobrevivir en ausencia de arroz y tanto en malezas como paja mona, *Leptochloa filiformis* (Lam.) P. Beauv.

En Cuba, Gutiérrez *et al.* (1991); Meneses *et al.* (1995, 2001, 2008); CRIN (1991) mencionan 22 especies de malezas de la familia Poaceae (= Gramineae) y Cyperaceae, siendo las principales malezas hospedadoras de *O. Insularis*, *E. Colonom*, *E. Crusgalli*, *Leptochloa fascicularis*, *Ischaemun rugosum* Salisb., *Cyperus iria* L. y destacan a *E. Colonom*, por su abundancia y preferencia del insecto.

En experimentos con malezas, *O. Pugnax* mostró inclinación hacia *Paspalum urvillei* Steud. Las parejas de adultos se presentaban en el ápice de la panícula para

alimentarse y ovipositar. Otros hospederos de esta plaga de menor importancia fueron: *Brachiaria platyphilla* (Griseb.) Nash, *Digitaria ciliaris* (Retz.), *E. Colonom* y *Paspalum dilatatum* Poir (Vivas, 2008).

En Puerto Rico, Vivas (2008) detectó diez especies de malezas como hospederos alternos de cinco especies de pentatómidos colectados en campos de arroz. Nueve de las malezas pertenecen a la familia Gramineae y una *Cyperus iria* L., a la familia Cyperaceae.

De igual forma, Daza (1991) consiguió en Colombia diez gramíneas: *E. colonum*, *E. Crusgalli*, *E. Cruspavonis*, *E. Polistachia*, *Paspalum virgatum*, *P. Plicatulum*, *P. Onjugatum*, *P. distichum*, *E. polystachia*, *Hymenachne amplexicaulis* y una Cyperaceae *Rhynchospora corymbosa* como hospedantes alternos de *O. Ornatus*, *M. Pictiventris* y *M. maculata*. La única hospedante común para las tres especies de chinches fue *E. Colonom*.

En Venezuela, Adams *et al.* (1990); Aponte *et al.* (1992 y 1997); Sánchez (1995); Vivas (1997, 2002) destacan como principales hospederos de *O. ypsilón* - griseus (De Geer) a las malezas, *E. Colonom*, *Leptochloa filiformis* e *Ischaemun rugosum*.

En Panamá, Zachrisson (1999, 2010) registran como hospederos alternos de *O. insularis* a las especies *E. Colonom*, *E. Crusgalli*, *Digitaria sanguinalis*, *Paspalum dystichum* y *P. Virgatum*.

El objetivo del trabajo consistió en identificar y clasificar las principales plantas hospedadoras de la chinche vaneadora del arroz en parcelas del sistema de riego río Guárico, Calabozo, estado Guárico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer el rango de plantas hospedadoras de chinche vaneadora, *O. Insularis*, se realizaron observaciones semanales en campos comerciales y en la Estación Experimental Guárico del sistema de riego río Guárico (S.R.R.G.) en Calabozo, municipio Francisco de Miranda, durante los años 2003 al 2006.

Las observaciones se ejecutaron dentro y fuera del arrozal en canales de riego, principalmente en las primeras horas de la mañana, momento en el cual se observó la mayor cantidad de adultos de la chinche vaneadora del grano de arroz. Se seleccionaron cuatro lotes en las parcelas 173, 190 (Carretera Nacional), 152

(Carretera B) y el potrero 15 del Campo Experimental del INIA Guárico; tanto en la época seca como la de lluvia por cada año de estudio. Así mismo, en cada parcela, se evaluaron aproximadamente 5 ha. Se revisaron tallos, hojas, espigas o partes florales de las malezas. Se identificaron como hospederas a las malezas donde se observó al insecto alimentándose u ovipositando. En algunos casos se contabilizó el número de chinches adultos por planta; así mismo se evaluaron otras especies del género *Oebalus* presentes. Además, se colectaron las plantas para establecer su identidad taxonómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Once especies de plantas pertenecientes a la familia Poaceae (=Gramineae) fueron identificadas como hospederas alternas del chinche vaneadora (ver Cuadro). *E. colonum* e *Ischaemum rugosum* resultaron los hospederos sobre los cuales se consiguió la mayor cantidad de individuos (entre tres a cinco adultos del chinche por planta), siendo estos resultados similares a los registrados por Aponte (1990); Aponte *et al.* (1992, 1997); Vivas (2002, 2008) para Venezuela. Además, Meneses *et al.* (1995, 2008); CRIN (1991) en Cuba. Asimismo, Daza (1991); Pantoja *et al.* (1997) en Colombia. Por último, Zachrisson (1999, 2010) en Panamá.

Adicionalmente, se encontró que el chinche vaneadora se desarrolló sobre *Zea mays* L. y *Sorghum vulgare* Roem and Schult, resultados similares obtuvieron Maes (1998) en Nicaragua y Arismendi (2002) en Honduras.

La amplia distribución de *E. Colonum* (CRIN, 1991 y Zachrisson, 2010) podría ser un factor que influye en la selección de esta planta como hospedera del chinche.

La especie *E. Colonum* también es hospedera de otras especies plagas que atacan al arroz, como *Tagosodes orizicolus* (Muir); *Lissoroptrus* spp., entre otras (Aponte, 1990; Aponte *et al.*, 1992; Meneses *et al.*, 1995, 2001, 2008; Vivas, 2008).

Por otro lado, Daza (1991), CRIN (1991) y Zachrisson (2010), encontraron como hospedero de la plaga a especies de la familia Cyperaceae. Sin embargo, en este trabajo ninguna de las especies de dicha familia presentó infestación alguna con esta chinche.

Además, otra especie de chinche vaneadora, *O. Ornatus* se encontró sobre la maleza, *Ischaemum rugosum* Salisb, pero a muy bajas poblaciones.

CUADRO. Plantas hospederas y no hospederas del arroz en parcelas del sistema de riego río Guárico. Calabozo, Venezuela. Años 2003 y 2006*.

Plantas hospedera familia/especie	Nombre común	Hospedera
Poaceae (= Gramineae)		
<i>Echinochloa colonum</i> (L)		
Link	Paja americana	+
<i>Echinochloa polistachia</i> (H.B.K) Hitch	Pasto alemán	+
<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	Paja rolito	+
<i>Oryza sativa</i> L.	Arroz rojo	+
<i>Eleusine indica</i> (L) Gaerth.	Pata de gallina	+
<i>Paspalum plicatulum</i> . Michx.	Gamelotillo	+
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L) Scop.	Horquetilla	+
<i>Digitaria decumbens</i> . Stent.	Pangola	+
<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) P. Beauv.	Rabo de zorro	+
<i>Luziola subintegra</i> Sw.	Luziola	-
* <i>Sorghum arundinaceum</i> Roem and Schult.	Sorgo	+
* <i>Zea mays</i> L.	Maíz	+
Cyperaceae		
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	Pelo de indio	-
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Corocillo	-
<i>Cyperus iria</i> L.	Cortadera	-

*En evaluaciones de cultivos en zonas aledañas al S.R.R.G, Calabozo. (+) Planta hospedera; (-) Planta no hospedera.

La gran diversidad de plantas hospederas encontradas son de importancia en el crecimiento y sobrevivencia de las poblaciones del chinche vaneadora. Su presencia en canales y dentro del arrozal permite el desarrollo y permanencia de las poblaciones del insecto y promueve la emigración al cultivo. Aponte (1990); Meneses *et al.* (2001, 2008); Vivas 2008; Zachrisson (2010), señalan que la presencia de malezas puede inducir el desarrollo de una gran cantidad de plagas en el arroz.

Por ello, es conveniente realizar un buen control de hospederos en el cultivo de arroz y sus alrededores con la finalidad de ayudar a controlar y disminuir la cantidad de chinches. Además, las plantas hospederas son reservorios de enfermedades, como el virus de la hoja blanca, la cual es transmitida por el insecto *T. Orizicolus*.

CONCLUSIÓN

- Once gramíneas fueron identificadas como hospedantes alternos del chinche vaneadora: *E. colonum*, *E. Polistachia*, *Oryza sativa*, *Eleusine indica*, *Paspalum plicatulum*, *Digitaria sanguinalis*, *D. Decumbens*, *Ischaemun rugosum*, *Leptochloa filiformis*, *Sorghum arundinaceum* y *Zea mayz*.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, M. R. Vargas y A Montaldo. 1990. El arroz en Venezuela. Maracay. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Comisión de Información, Documentación y Publicaciones. Rev. Fac. Agron. Alcance N° 39. 263 p.
- Aponte, O. 1990. Manejo integrado de plagas en arroz. Maracay, Venezuela. FONAIAP, Estación Experimental Portuguesa. Serie B N° 13. 36 p.
- Aponte, O., L. E. Vivas, L. E Escalona, L. M. Ramírez y F. P. Freitez. 1992. Manejo integrado de artrópodos plaga en el cultivo de arroz en Venezuela. Unidad de Aprendizaje para la Capacitación Tecnológica en la Producción de Arroz. CIAT - BID - FONAIAP - APROSELLO - APROSELLAC - UNELLEZ. 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 Tecnológica en la Producción de Arroz. FONAIAP - FUNDARROZ - UCV - IUTEP. Acarigua, Venezuela. 59 p.
- Arismendi S, N. 2002. Pentatomidae en Honduras; listado, distribución y biología de especies. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 54 p.
- Daza, C. E. 1991. Biología, daño y enemigos naturales de hemípteros pentatómidos presentes en el cultivo de arroz con riego. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 65 p.
- Guharay, F. 2002. Biología, daño y manejo de *Oebalus insularis*, la chinche de la espiga del arroz. Revista Manejo Integrado de Plagas. Hoja técnica, publicaciones periódicas. CATIE, Costa Rica. 51 p.
- Gutiérrez, A., R. Meneses, A. Arias, M. Hernández y M. Amador. 1991. La chinche del arroz en Cuba. Arroz en las Américas. Boletín del Programa Arroz del CIAT. CIAT-Cali-Colombia. 12(2):2-4.
- Maes, L. 1998. Insectos de Nicaragua. Print-León. León. Nicaragua. VI. 485 p.
- Meneses, R, A. Gutiérrez, A. García, G. Antigua y J. Gómez. 1995. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. Estación Experimental del Arroz "Sur del Jibaro". Cuba. 26 p.
- Meneses, R., A. Gutiérrez, A. García, G. Antigua, J. Gómez, F. Correa-Victoria y L. Calvert. 2001. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. CIAT, IIA-Cuba, FLAR. Publicación del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). 4 (ed). Cali, Colombia. 76 p.
- Meneses, R., A. Gutiérrez, A. García, G. Antigua, J. Gómez, F. Correa-Victoria y L. Calvert. 2008. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. CIAT, IIA-Cuba, FLAR. Publicación del Instituto de investigaciones del arroz. Estación Territorial de investigaciones del arroz. "Sur del Jibaro". Sancti Spiritus. Quinta edición revisada y ampliada. Cuba-Colombia, 76 p.
- Pantoja, A., A. Fischer, F. Correa-Victoria, L. Sanint y A. Ramírez. 1997. MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y malezas. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (Publicación CIAT N° 292). 141 p.
- Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe. 1991. Mesa redonda sobre protección vegetal. Editor: Jorge Armenta Soto y Manuel Castillo. Cooperación: CIAT-CIDA-IRRI-IICA-SEA-UNDP, Imprenta el Herald. Santo Domingo, República Dominicana. Tiraje 350. Santa Clara, Cuba. 107 p.
- Sánchez, C. E. 1995. El arroz, estrategia agrícola y alimentaria en Venezuela. III Taller Nacional sobre la Importancia del Arroz. IUT - Los Llanos. Calabozo. Editorial Corprensa. 275 p.

- Vivas C., L. E. 1997. El chinche vaneador del arroz *Oebalus ypsilongriseus* (Degeer) (Hemiptera: Pentatomidae) en Venezuela. Publicado por Fundacite (Aragua), Disponible en: <http://www.plagas-agricolas.info.ve/>. 4 p. Consultado el 09-10-2008.
- Vivas C., L. E. 2002. Manual de insectos plagas de arroz. INIA-SINGENTA. Maracay-Venezuela. Diseño y diagramación: Comunicación gráfica C.A (estado Aragua). 1era (ed). 30 p.
- Vivas C., L. E. 2008. Muestreo secuencial del chinche vaneador del arroz, *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) sobre arroz (*Oryza sativa* L.) en Calabozo, estado Guárico. Tesis de Doctorado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 144 p.
- Zachrisson, B. 1999. Bioecología de insectos-plagas en el cultivo del arroz y sus enemigos naturales, en la región Oriental de la República de Panamá. Manual de Capacitación, Panamá, IDIAP. 8 p.
- Zachrisson, B. 2010. Biotecnología, daños y muestreo de plagas en el cultivo del arroz. Instituto de investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 28 p. Disponible en: www.idiap.gob.pa/index.php/diapro/publicaciones/finish/8/4/0. Consultado: 01-12-2010.

SOBREVIVENCIA LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* Smith CON DIETAS ARTIFICIALES BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO¹

LARVAL SURVIVAL OF *Spodoptera frugiperda* Smith WITH ARTIFICIAL DIET UNDER LABORATORY CONDITIONS¹

Pedro Morales*, Yvon Noguera, Ernesto Escalona***, Oxiomar Fonseca***,
Carolina Rosales*, Benigna Salas****, Fidel Ramos**, Eduardo Sandoval**** y Willian Cabañas****

¹Trabajo financiado por el Convenio de Cooperación Integral Cuba Venezuela. Proyecto: Producción de controladores biológicos e implementación de tácticas agro ecológicas para el manejo de plagas.

*Investigadores, **TAI, ***Ingenieros contratados y ****Auxiliares de laboratorio.

INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, estado Aragua, Venezuela.

Correo electrónico: pmorales@inia.gob.ve, elcompsus@hotmail.com, compsus@cantv.net

RESUMEN

El uso de sustratos alimenticios artificiales es esencial para la cría masiva del “gusano cogollero” del maíz, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), la investigación de crías de biocontroladores y productos biológicos. Se evaluó el efecto de sustratos alimenticios en la sobrevivencia de larvas de *S. frugiperda* para determinar su calidad como sustrato de cría y compararlo con la dieta estándar basada en caraotas blancas, *Phaseolus vulgaris* L. Se realizaron dos ensayos, en el primero se compararon 14 dietas cuyos contenidos fueron de: caraota blanca (dieta standar), harina de trigo, afrecho, germen de trigo, pasto fresco, harina integral, harina de maíz y de arroz con dos dosis de agua en cada uno. En el segundo experimento se evaluaron las dietas con mayor sobrevivencia larval del ensayo anterior, basadas en caraotas, caraotas más agua, germen de trigo y afrecho. En este último ensayo no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto a sobrevivencia de larvas y longevidad de las mismas. Las dietas de germen de trigo y afrecho con agua en las composiciones utilizadas, pudieran servir de alternativas a las dietas usadas en laboratorio a base de caraotas blancas, para el establecimiento de crías masivas del “gusano cogollero” del maíz.

Palabras Clave: *Phaseolus vulgaris* L.; cría masiva; gusano cogollero; germen de trigo; afrecho.

SUMMARY

The use of artificial diets is essential for the mass-rearing of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) for uses in investigation of biological enemies. We evaluated the effect of artificial diets in the survival of larvae of *S. frugiperda* to determine its quality as substrate and to compare it with the standard diet with white beans, *Phaseolus vulgaris* L. Two tests were realized: in the first one, we evaluated 14 diets with white beans, wheat flour, bran, wheat germ, integral flour, corn meal and rice and fresh grass, with two doses of water each. In the second test, promissory diets of the previous test were evaluated: white beans, white beans with water, germ of wheat and bran. In this last test no significant differences between treatments as far as survival of larvae and longevity of the same were detected. The diets with wheat germ and bran with water, in the used compositions can serve as alternatives to the diet used in the laboratory with white beans for the establishment of massive young of the armyworm for the accomplishment of tests.

Key Words: *Phaseolus vulgaris* L.; mass rearing; fall armyworm; wheat germ; bran.

RECIBIDO: agosto 26, 2010

ACEPTADO: agosto 26, 2011

INTRODUCCIÓN

El “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda*, es una especie americana polifitófaga con amplia distribución geográfica, actúa como gusano cortador y cogollero, hábito éste más característico en el maíz. En Venezuela, según García (1982), es posible encontrarlo durante todo el año en altitudes muy variadas, causando diferentes tipos de daños: así tenemos que las larvas recién nacidas se alimentan en la superficie externa del follaje, destruyendo el mesófilo de la hoja y un lado de la epidermis, dejando la otra intacta.

Por su parte, Navarro (2009) señala que los huevos son puestos en grupos de unas 100 larvas, protegidas por una telilla transparente. Las larvas miden al momento de la emergencia entre 1 y 1,5 mm de longitud, el cuerpo es de color blanco cremoso cubierto de pequeños puntos negros pubescentes y cabeza negra, con sutura epicraneal bien marcada y en forma de “Y” invertida blanquecina. Después de 15 a 24 d de nacidas, alcanzan el máximo desarrollo, llegando a medir entre 34 a 44 mm de longitud, la fase de pupa dura de 7 a 10 d aproximadamente. Los adultos son mariposas de color pardo moteado, con una envergadura alar de 20 a 35 mm de largo.

El uso de dietas artificiales para cría experimental o semimasal de “gusano cogollero”, es importante para el desarrollo de diversas investigaciones biológicas (Murúa *et al.*, 2003). En las crías masivas, la disponibilidad de alimento para los insectos tiene una profunda influencia en el crecimiento, desarrollo, reproducción, fisiología y comportamiento. La calidad de la comida en adultos puede inducir diapausa en su progenie. Los hábitos de alimentación y los requerimientos nutricionales de las especies deben ser entendidos para conseguir el máximo vigor y reproducción. La función de las plantas hospederas o dietas artificiales es soportar poblaciones óptimas de los insectos hospederos (Singh, 1982).

Es así que las dietas artificiales proveen una fuente de alimento fácil de manejar, eliminándose de esta manera el problema de trabajar con la planta huésped o con partes de la misma, dejando de lado los riesgos de contaminación con entomopatógenos que esto supone (Murúa *et al.*, 2003).

Las condiciones de cría y la composición de la dieta son elementos críticos en cualquier caso. Para tener conclusiones fiables de los experimentos, la dieta de los insectos evaluados tiene que estar perfectamente conocida y adaptada, debido a que las respuestas de los ensayos dependerán de ello (Grenier, 2009).

El “gusano cogollero” es criado en el Laboratorio de Control Biológico del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) ente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) para la suplencia de larvas que son utilizadas en la realización de ensayos de biocontroladores y productos biológicos, requiriéndose la evaluación de dietas que permitan mantener las crías con óptimo nivel de calidad nutricional. Para ello se evalúan diferentes sustratos alimenticios usados en la cría de “gusano cogollero” y su efecto en la sobrevivencia larval en laboratorio con la finalidad de seleccionar alternativas promisorias a la dieta estándar, basadas en caraoatas blancas.

RESULTADOS Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos para la evaluación de dietas en laboratorio. El tratamiento consiste en una dieta base empleada en el laboratorio entomológico del INIA (Cuadro 1) con dos modificaciones, sustituyendo en cada tratamiento, la cantidad de agua y el tipo de alimento (Cuadro 2). La temperatura durante ambos ensayos fue de $25,0 \pm 5,0$ °C y la HR entre $65 \pm 5\%$. Para cada ensayo se utilizaron larvas recién emergidas, las cuales se individualizaron a razón de una larva por envase plástico de 20 ml de capacidad, con tapa perforada para permitir la aireación. Cada envase contenía una porción cuadrada de dieta artificial, aproximadamente de 0,8 mm.

CUADRO 1. Composición de la dieta base utilizada en el Laboratorio Entomológico INIA.

Cantidad	Producto
125 cc	Agua
30 g	Levadura
3 g	Ácido ascórbico
2 g	Metil-P-hidroxibenzoato
	diluido en 5 ml de alcohol puro
1 g	Ácido sórbico
2 cc	Formol
15 g	Agar diluidos en 225 ml de agua

CUADRO 2. Tratamientos ensayo n° 1.

Tratamiento	Base	Cantidad	Producto añadido
1	Dieta	200 g	Caraota (previamente sancochada y hervida)
2	Dieta	200 g	Caraota + 125 ml de agua
3	Dieta	200 g	Harina de trigo
4	Dieta	200 g	Harina de trigo + 125 ml de agua
5	Dieta	100 g	Afrecho + 50 ml de agua
6	Dieta	100 g	Afrecho + 125 ml de agua
7	Dieta	100 g	Germen de trigo + 175 ml de agua
8	Dieta	100 g	Germen de trigo + 300 ml de agua
9	Dieta	100 g	Harina integral + 70 ml de agua
10	Dieta	100 g	Harina integral + 200 ml de agua
11	Dieta	100 g	Harina de maíz y arroz
12	Dieta	100 g	Harina de maíz y arroz + 125 ml de agua
13	Dieta	100 g	Pasto fresco + 50 ml de agua
14	Dieta	100 g	Pasto fresco + 125 ml de agua

En el primer ensayo, se evaluaron en total 13 dietas *vs.* la dieta utilizada frecuentemente con base a caraotas blancas (dieta testigo) y larvas procedentes de la generación F2 de la Cepa Ceniap, a razón de 20 larvas por tratamiento. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado evaluándose el número de larvas vivas y muertas cada 3 d en los envases de cría individualizados para cada tratamiento, y así determinar el período de sobrevivencia y mortalidad larval por tratamiento.

En el segundo ensayo, se evaluaron tres dietas más promisorias obtenidas del primero, *vs.* la dieta basada en caraotas blancas (Cuadro 3), con larvas procedentes de la F3 de la Cepa Ceniap. Se valoraron cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones de 25 larvas cada una, permitiendo su desarrollo hasta la fase de pupa, con el propósito de determinar la sobrevivencia larval y la duración de esta fase en cada una de las dietas evaluadas.

En el primer ensayo se evaluó la sobrevivencia de larvas en laboratorio con los 14 tipos de dietas, observándose que los tratamientos 13 y 14, con pasto fresco como base, presentaron mayor número de larvas muertas en los últimos 7 d del ensayo, siendo su comportamiento estadísticamente diferente a los tratamientos 9 (harina

integral + 70 ml de agua), 5 (afrecho + 50 ml de agua), 8 (germen de trigo + 175 ml de agua), 2 (caraotas blancas + 125 ml de agua), 6 (afrecho + 50 ml de agua) y 1 (dieta básica usada en laboratorio) demostrado en el Cuadro 4.

Este ensayo duró 10 d, en virtud que Dávila y Clavijo (1995) señalan que el incremento progresivo de los pesos promedio de las larvas ocurre hasta el día 17, momento del cual empieza a declinar como producto del proceso fisiológico de preparación para la fase de pupa.

CUADRO 3. Tratamientos ensayo n° 2.

Tratamiento	Base	Cantidad	Producto añadido
1	Dieta	200 g	Caraota (previamente sancochada y hervida)
2	Dieta	200 g	Caraota + 125 ml de agua
3	Dieta	100 g	Afrecho + 50 ml de agua
4	Dieta	100 g	Germen de trigo + 300 ml de agua

CUADRO 4. Totales de larvas vivas y muertas en 10 días de ensayo con 14 dietas para la cría del gusano cogollero del maíz en laboratorio.

Tratamiento	3 días		6 días		10 días		Total	
	LV	LM	LV	LM	LV	LM	LV	LM
T1: caraota (previamente sancochada y hervida)	20	3	17	0	16	1	16	4 b
T2: caraota + 125 ml de agua	20	4	16	2	14	0	14	6 b
T3: harina de Trigo	20	0	14	2	9	11	7	13 ab
T4: harina de Trigo + 125 ml de agua	20	0	20	2	18	11	7	13 ab
T5: afrecho + 50 ml de agua	20	7	13	1	12	2	10	10 b
T6: afrecho + 125 ml de agua	20	3	17	1	16	1	15	5 b
T7: germen de trigo + 175 ml de agua	20	8	12	5	7	2	5	15 ab
T8: germen de trigo + 300 ml de agua	20	5	15	1	14	2	12	8 b
T9: harina integral + 70 ml de agua	20	5	15	1	14	3	11	9 b
T10: harina integral + 200 ml de agua	20	3	17	7	10	5	5	15 ab
T11: harina de maíz y arroz	20	1	19	5	14	6	8	12 ab
T12: harina de maíz y arroz + 125 ml de agua	20	5	15	3	12	3	9	11 ab
T13: pasto fresco + 50 ml de agua	20	2	18	10	8	7	1	19 a
T14: pasto fresco + 125 ml de agua	20	0	20	11	9	8	1	19 a

LV: larvas vivas. LM: larvas muertas.

Medias seguidas por la misma letra en la misma fila no difieren al 5% de la prueba de comparaciones de rangos de media.

A los 11 d de iniciado el ensayo, la dieta testigo tuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia larval 80%, mientras que el resto de los tratamientos presentaron valores intermedios. El tratamiento con pasto fresco presentó solo 5% sobrevivencia. Se detectaron diferencias en los contenidos de humedad en varios tratamientos, en el aspecto de manipulación de los mismos y dureza del material en los envases según el tipo de ingrediente añadido.

En cuanto a los resultados de este primer ensayo, hubo mortalidad larval elevada en algunos tratamientos. Autores como García y Clavijo (1989) evaluaron los efectos de la alimentación de las larvas con 12 dietas diferentes (hojas de maíz provenientes de plantas en cuatro estados de desarrollo distintos, así como distintas partes de la planta, mazorcas y espigas de maíz, partes aéreas de cuatro malezas y una dieta artificial), sobre la proporción sexual, longevidad, fecundidad, fertilidad y patrones de oviposición de los adultos de este insecto bajo condiciones de laboratorio, señalando que esta especie presenta un potencial reproductivo muy alto, y que el mismo está poco influenciado por las fuentes alimenticias.

La Figura 1 muestra el comportamiento de la sobrevivencia larval en el primer ensayo, de los 14 tratamientos evaluados. En el mismo se aprecia que los tratamientos basados en caraotas, germen de trigo y afrecho más agua, presentaron los mayores niveles de sobrevivencia larval a los 10 d de iniciado el ensayo. Asimismo, se observó cómo los tratamientos de pasto fresco y harinas de trigo presentaron las mayores mortalidades al término de este ensayo.

Debido a los resultados del primer ensayo, se evaluaron las dietas basadas en caraotas, caraotas con agua, afrecho y germen de trigo, no detectándose diferencias estadísticas significativas entre ellas, en los niveles de larvas y pupas vivas y muertas para cada tratamiento, sugiriendo que cualquiera de los materiales evaluados puede ser utilizado en las crías de este insecto (Cuadro 5).

En la Figura 2, se observa la sobrevivencia larval del cogollero del maíz en las dietas basadas en caraotas, germen de trigo y afrecho, mostrándose la uniformidad en la duración de los tiempos de desarrollo, con un máximo de 27 d para el tratamiento de afrecho de trigo y un mínimo de 23 d para los tratamientos de caraotas.

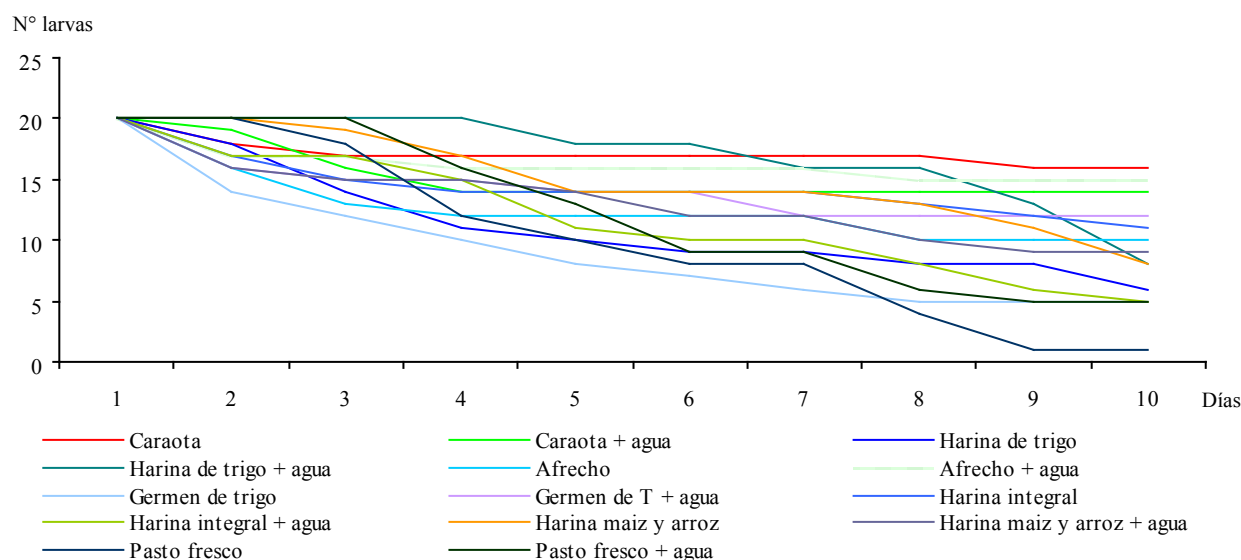


FIGURA 1. Supervivencia de larvas de cogollero del maíz en 14 dietas artificiales en laboratorio.

CUADRO 5. Totales de larvas vivas y muertas en 10 días de ensayo con cuatro dietas para la cría del gusano cogollero del maíz en laboratorio.

Tratamientos											
1 Caraota			2 Caraota + 125 ml agua			3 Germen de trigo+ 300ml agua			4 Afrecho + 125 ml agua		
LV	LM	Pup	LV	LM	Pup	LV	LM	Pup	LV	LM	Pup
100	30a	65a	100	43a	57a	100	30a	70a	100	35a	65a

Medias seguidas por la misma letra en la misma fila no difieren al 5% de la prueba de comparaciones de rangos de media

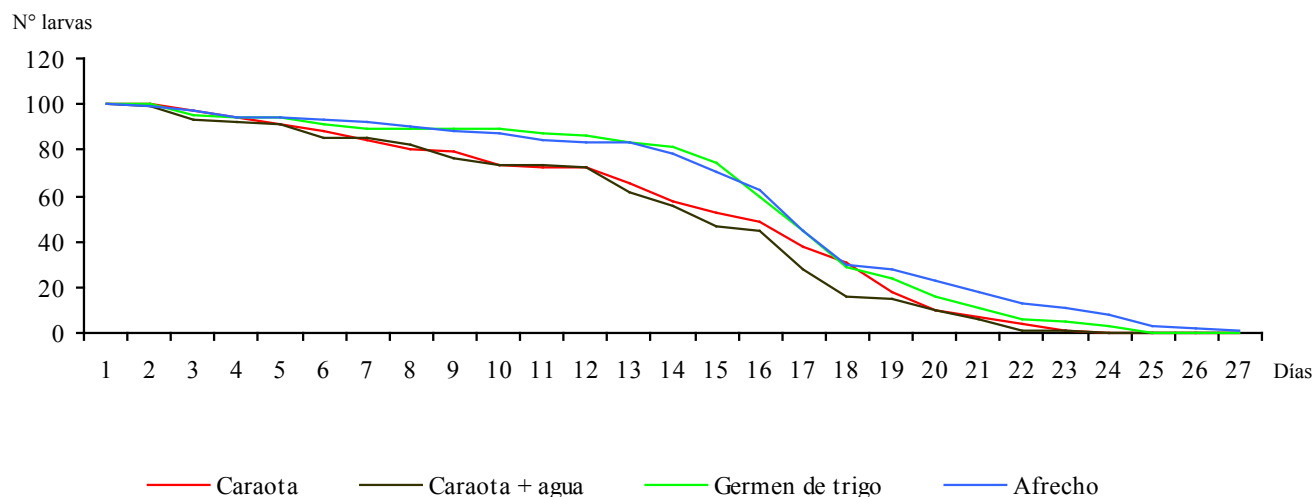


FIGURA 2. Supervivencia de larvas de cogollero del maíz en cuatro dietas artificiales en laboratorio.

Aunque no hubo diferencias estadísticas en cuanto a los niveles de mortalidad larval, observados entre tratamientos, la diferencia de 4 d en la duración del desarrollo puede ser significativa, dependiendo de los tipos de ensayos a realizar y la homogeneidad de las larvas que se utilicen. Señala Singh (1982), virtualmente no existen reglas para indicar el mejor manejo para especies individuales. Cualquier esquema de crías masivas puede estar basado en técnicas desarrolladas en el laboratorio y modificada en términos de economía a gran escala.

CONCLUSIÓN

- Las dietas basadas en germen de trigo y afrecho con agua, fueron composiciones que sirvieron de alternativas a la dieta basada en caraotas blancas.
- Cuando no se disponga de la caraota blanca como sustrato para los ensayos se pueden establecer crías masivas del gusano cogollero, usando las dietas alternativas ya mencionadas, tomando en consideración los costos asociados a estos materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- Dávila S. y S. Clavijo. 1995. Variación diaria de los pesos de larvas y pupas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) criadas en condiciones controladas. Bol. Entomol. Venezuela. N.S. 10(1):25-30.
- García, J. 1982. Estudio sobre la biología, comportamiento y ecología de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Maracay, Facultad de Agronomía. (Tesis para optar título de Doctor en Entomología). 222 pp.
- García, J. L. y S. Clavijo. 1989. Efecto de la alimentación sobre la longevidad, fertilidad y fecundidad de *Spodoptera frugiperda* (Smith) Bol. Entomol. Venezuela. N. S. 5(6):47-53.
- Grenier, S. 2009. In vitro rearing of entomophagous insects - Past and future trends: a minireview. Bulletin of Insectology 62 (1):1-6.
- Murúa, M. G., E. G. Virla y V. Defagó. 2003. Evaluación de cuatro dietas artificiales para la cría de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) destinada a mantener poblaciones experimentales de himenópteros parasitoides. Bol. San. Veg. Plagas, 29:43-51.
- Navarro, R. 2009. Gusano Barredor; Gusano cogollero; Gusano ejercito *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith 1797. <http://www.plagas-agricolas.info.ve/fichas/ficha.php?hospedero=69&plaga=173>.
- Singh, P. 1982. The rearing of beneficial insects. New Zealand Entomologist, 7(3):304-310.

RESPUESTA DEL CULTIVO DE TOMATE A LA APLICACIÓN DE DOS INOCULANTES DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES POR VÍAS DIFERENTES DE INOCULACIÓN

TOMATO CROP RESPONSE TO THE APPLICATION OF TWO ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI INOCULANT FOR DIFFERENT ROUTES OF INOCULATION

Yonaissy Mujica P.*, Blanca de la Noval* y José Dell' Amico R.*

*Investigadores. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. San José de las Lajas. La Habana, Cuba. Correo electrónico: ymujica@inca.edu.cu, amico@inca.edu.cu.

RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) representan un grupo de microorganismos edáficos que establecen simbiosis con las plantas influyendo positivamente en su crecimiento y desarrollo. Con el objetivo de evaluar la respuesta productiva del cultivo de tomate, *Solanun lycopersicum* L. var Amalia, a la aplicación de inoculantes del género *Glomus* por dos vías diferentes de inoculación: sólido y líquido; se realizó esta investigación en las áreas experimentales del Departamento de Servicios Agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Las cepas de HMA empleadas fueron: *G. hoi-like* (INCAM 4) y *G. mosseae* (INCAM 2), a partir de éstas, se obtuvieron cuatro dosis de inoculantes líquidos que se conservaron en refrigeración 15 días antes de su aplicación (DAA). La inoculación se realizó en la etapa de semillero, 7 días después de la germinación (DDG). A los 30 y 55 días después del trasplante (DDT) y en la cosecha fueron evaluadas algunas variables del crecimiento: masa seca foliar, altura de las plantas y rendimiento agrícola y para el caso de los parámetros fúngicos se evaluó el porcentaje de colonización radical. Los resultados mostraron que el inoculante líquido tuvo un efecto positivo sobre los indicadores de crecimiento y el rendimiento del tomate.

Palabras Clave: *Solanun lycopersicum* L. var Amalia; micorrizas; dosis de inoculación; hortaliza.

SUMMARY

Arbuscular mycorrhizal fungi (AHM) are edaphic soil microbial that establish symbiosis with the plants influencing positively its growth and development. An experiment was conducted in experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences to study tomato, *Solanun lycopersicum* L., productive response to *Glomus* strains application for two different inoculants forms, soil and liquid. The mycorrhizal arbuscular fungi (MAF) strains used were: *G. hoi-like* (INCAM 4) and *G. mosseae* (INCAM 2), from which doses four liquid inoculants were obtained. Liquid inoculants were preserved by 15 d before their application in refrigeration. The inoculants were applied 7 d after seed germination. At 30 and 55 d after transplantation and at harvesting, growth (shoot dry weight, plants height yield) and fungal variables (percentage of mycorrhizal colonization) were evaluated. Results showed that liquid inoculants had positive effects on growth and yield indexes for tomato.

Key Words: *Solanun lycopersicum* L. var Amalia; Mycorrhizal; inoculation doses; vegetable.

RECIBIDO: junio 06, 2010

ACEPTADO: junio 28, 2011

INTRODUCCIÓN

El cultivo de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pasa por un denominador común: la necesidad de una planta hospedera o explante de raicillas para completar su ciclo de vida, debido a su condición de simbiontes obligados (Fernández, 2003). Durante los últimos años, se desarrollaron diversas tecnologías de reproducción, siendo las más utilizadas aquellas que involucran a la planta en un medio o sustrato sólido y las ventajas de su aplicación se fundamentan en una consistente mejora de la nutrición y absorción de agua por las plantas (Giovannetti, 2000; Querejeta *et al.*, 2003).

Por otra parte, con la utilización de estos productos se minimizó considerablemente el impacto ambiental en los sistemas agrícolas. El Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA), desarrolló con éxito biofertilizantes en soporte sólido con base de estos hongos, se conformó la serie EcoMic® y desde el año 2000, se trabaja en el desarrollo de un inoculante en medio líquido, con el objetivo de garantizar su aplicación a través de los sistemas de riego, asegurando su aplicación directa al sistema radical de las plantas e inoculación efectiva (Dell'Amico *et al.*, 2007).

En tal sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta productiva del cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L. var Amalia, a la aplicación de inoculantes basados en *Glomus* por dos vías diferentes de inoculación: sólida y líquida.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las áreas de producción del Departamento de Servicios Agrícolas (DSA) ubicado en el municipio de San José de las Lajas, provincia La Habana durante dos ciclos productivos (2008-2010). Los experimentos se desarrollaron sobre un suelo Ferralítico Rojo lixiviado, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (MINAG, 1999a), que se correlaciona con un Nitisol ferrálico (éutrico, ródico; IUSS, 2006).

Se utilizaron dos especies de HMA: *Glomus mosseae* (Nicol. y Gerd., enmendado por Gerdeman y Trappe; cepa INCAM 2) y *Glomus hoi-like* (cepa INCAM 4); aisladas de la zona sur de la provincia de La Habana y reproducidas en el Laboratorio de Micorrizas Arbusculares del INCA y cuatro dosis de inoculante líquido de 5, 10, 20 y 40 esporas de HMA por planta de cada

especie, como promedio, las que se conservaron en una solución osmoprotectora por 15 días antes de su aplicación (DAA). La composición de dicha solución está bajo protección por la solicitud de patente (Fernández *et al.*, 2004).

Las semillas de tomate var. Amalia, fueron obtenidas en el Departamento de Genética y Mejoramiento de las Plantas del INCA, se sembraron en semilleros, luego se trasplantaron a los 25-30 d. Durante esta etapa se aplicó fertilizante mineral de la fórmula completa 9-13-17 (NPK) a la dosis de 0,20 kg m⁻² y en esta misma fase se aplicaron los inoculantes de HMA líquido y sólido a los 7 DDG, a razón de 1 ml y 1 g por planta, respectivamente, con un promedio de 20 esporas.

Los experimentos se realizaron entre los meses de noviembre-marzo durante dos ciclos consecutivos del cultivo. En la etapa de trasplante se aplicó el fertilizante mineral NPK (9-13-17) a la dosis de 1 t ha⁻¹, en todas las parcelas experimentales, fraccionada en dos intervalos: al momento del trasplante y 30 d posterior al mismo. Las labores culturales fueron realizadas según lo establecido en el Instructivo Técnico del Cultivo (MINAG, 1999b).

Se siguió un diseño completamente aleatorizado, con arreglo bifactorial (3x2), un testigo de referencia sin inoculación y un tratamiento inoculado con EcoMic® y se realizaron cuatro repeticiones de cada tratamiento (ver Cuadro).

CUADRO. Tratamientos: cepas y dosis aplicadas en el experimento.

Tratamientos	Cepas	Dosis de esporas de HMA promedio por planta
T1	Testigo sin inocular	
T2	EcoMic®	
T3	<i>G. mosseae</i>	5
T4	<i>G. mosseae</i>	10
T5	<i>G. mosseae</i>	20
T6	<i>G. mosseae</i>	40
T7	<i>G. hoi-like</i>	5
T8	<i>G. hoi-like</i>	10
T9	<i>G. hoi-like</i>	20
T10	<i>G. hoi-like</i>	40

Las parcelas experimentales tenían un área total de 28 m², en un marco de plantación de 1,40 m x 0,25 m compuesto por 4 surcos. El área de cálculo fue de 0,35 m² para las variables fúngicas e indicadores de crecimiento de las plantas y de 7 m² para determinar el rendimiento del cultivo.

Evaluaciones

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

1. **Parámetros fúngicos (a los 30 y 55 DDT):** las raicillas fueron secadas a 70 °C y teñidas mediante la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970). El porcentaje de colonización radical se evaluó según el método de los interceptos descrito por Giovannetti y Mosse (1980).
2. **Índices del crecimiento de las plantas (a los 30 y 55 DDT):** Se determinó la altura de la planta (cm) y para la determinación de la masa seca foliar (g) las muestras permanecieron en la estufa a 70 °C hasta obtener peso constante.
3. **Componentes del rendimiento agrícola:** Se determinó el número de frutos por planta, y el rendimiento del cultivo (t ha⁻¹) al finalizar cada experimento.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el software SPSS para Windows (SPSS 11.5). Se verificó el cumplimiento de las premisas del ANOVA, como la normalidad y homogeneidad de la varianza y posteriormente los datos fueron procesados estadísticamente mediante análisis de varianza bajo un arreglo bifactorial. Los datos del porcentaje de colonización micorrízica (% Col) fueron transformados por la función $\arcsen\sqrt{x}$. Para la discriminación de medias se realizó la prueba de Duncan con una significación de un 95% en los casos en que el ANOVA resultó significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El nivel de predominio de las especies microbianas en las raíces de las plantas está dado por la interacción planta - microorganismo, que repercute en la selección e influencia de los mismos en función de la variabilidad de los exudados radicales de las plantas inoculadas (Azcón, 2000).

El análisis de los datos experimentales no mostró interacción significativa entre los factores en estudio para ambas etapas de muestreo, explicando que en esta variable no influyeron las cepas en estudio ni las dosis de inoculación. En la Figura 1 se observan los resultados de la colonización radical para los momentos de evaluación, encontrándose una respuesta positiva a la inoculación al comparar los tratamientos con el testigo con tendencia similar en ambos muestreos.

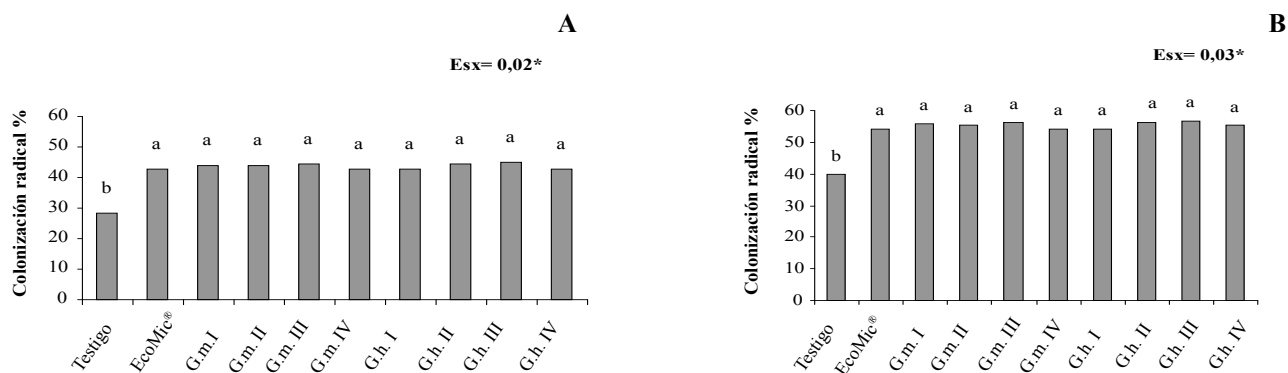
En el testigo se observaron valores de 30-40% de colonización radical, estos porcentajes resultan elevados si se comparan con los informados por Terry (2005), quien reportó niveles de solo 15% en plantas de tomate testigo a los 60 DDT, durante dos años en la misma área experimental. Los resultados alcanzados fueron inclusive más altos que los obtenidos por el autor antes mencionado al evaluar este indicador en plantas inoculadas con diferentes especies HMA.

Estos valores pudieron estar relacionados con la presencia de estructuras fúngicas en dicha área, provenientes de inoculaciones previas y sucesivas con diferentes especies de HMA del INCA (*Glomus clarum*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae* y más recientemente, *Glomus hoi-like*). Lo encontrado, aunado al hecho a que el tomate se siembra anualmente en la misma área, pudo determinar que dichos hongos micorrizógenos se adaptaran a esas condiciones edáficas y al cultivo en cuestión, por lo que poseen alto poder infectivo.

Cuando se analizó la altura de las plantas, se encontró interacción significativa para las dosis de inoculación en los dos momentos de muestreo. En la Figura 2 aparecen los resultados de conjunto para este factor. Se observó una respuesta positiva, a los 30 DDT, al comparar las diferentes formas de inoculación con el tratamiento testigo, siendo las variantes inoculadas con la dosis de 40 esporas por planta las que manifestaron los mejores resultados (Figura 2A).

También se pudo apreciar que para el resto de las dosis evaluadas no hubo diferencias al compararlas con el tratamiento inoculado con EcoMic®, señalando que para el indicador crecimiento de las plantas la inoculación con la formulación líquida resultó efectiva.

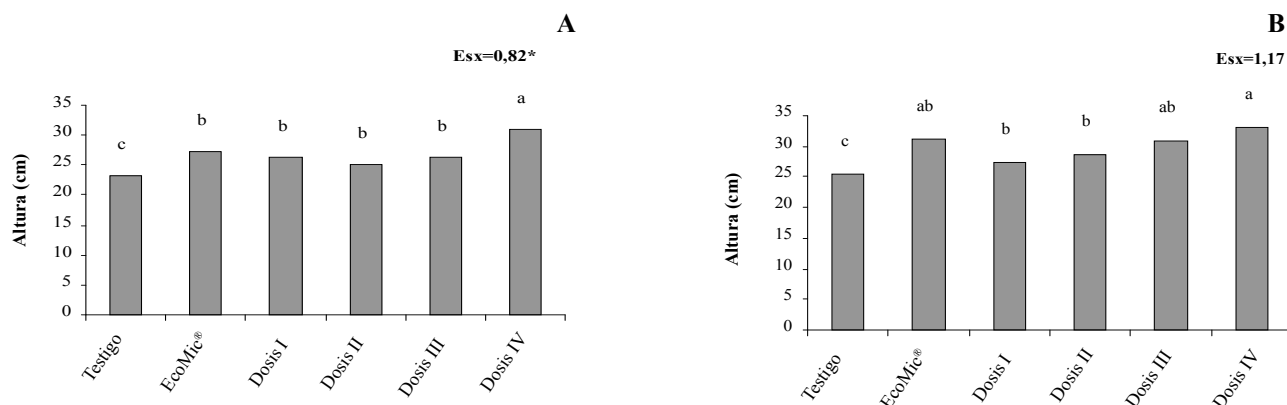
Por otra parte, a los 55 DDT se observó que los tratamientos donde se aplicó el inóculo sólido y dos dosis de formulación líquida (20 y 40 esporas por planta) manifestaron los mejores resultados para esta etapa de desarrollo del cultivo (Figura 2B).



A: 30 DDT; B: 55 DDT. G.m.: *Glomus mosseae*; G.h.: *Glomus hoi-like*

Dosis I: 5 esporas por planta. Dosis II: 10 esporas por planta. Dosis III: 20 esporas por planta. Dosis IV: 40 esporas por planta.

FIGURA 1. Influencia de las especies de hongos micorrízicos arbusculares y la dosis de inoculación sobre la colonización radical de plantas de tomate.



A: 30 DDT; B: 55 DDT; EcoMic®: inóculo sólido

Dosis I: 5 esporas por planta. Dosis II: 10 esporas por planta. Dosis III: 20 esporas por planta. Dosis IV: 40 esporas por planta.

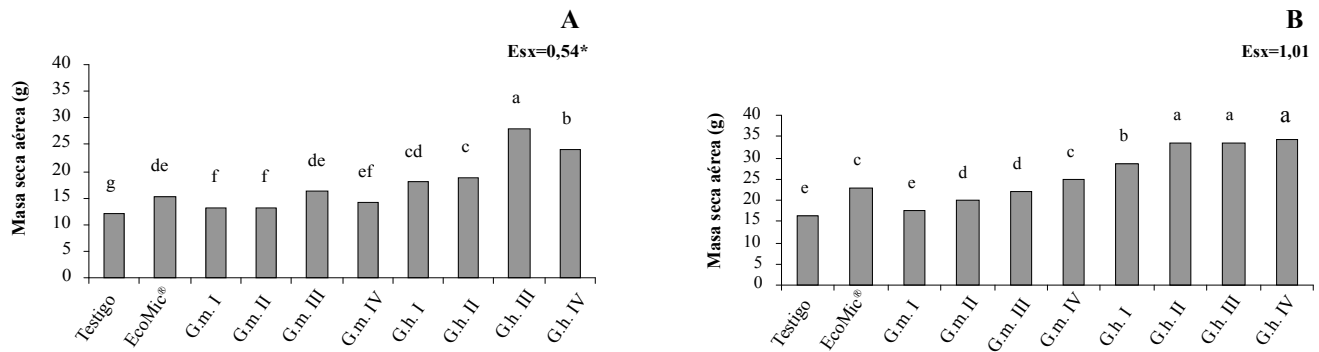
FIGURA 2. Influencia de las especies de hongos micorrízicos arbusculares y la dosis de inoculación sobre la altura de plantas de tomate.

El efecto de la micorrización sobre la altura de las plantas se demostró en investigaciones precedentes, al inocular diferentes especies de HMA (*G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*) en los cultivos de tomate y cebolla, donde se encontró que los tratamientos inoculados superaron al testigo para las variables de altura de la planta y longitud radical en suelos Ferralíticos Rojos compactados (Pulido *et al.*, 2003).

Las plantas que mantienen una simbiosis en sus raíces necesitan una gran cantidad de energía metabólica, para lograr un armónico desarrollo aéreo y, a la vez, mantener al hongo en sus raíces. Este proceso implica un elevado flujo de carbono derivado de la fotosíntesis, desde etapas

muy tempranas del desarrollo, que se traduce en un retardo del crecimiento vegetal; motivado a que la planta necesita crecer y lograr una tasa fotosintética adecuada para mantener funcionando la simbiosis (Llonín y Medina, 2002).

Al analizar la masa seca aérea se encontró interacción significativa entre ambos factores en estudio para ambos muestreos realizados (Figura 3), esto indica que el desarrollo del cultivo tuvo dependencia tanto de la especie de HMA como de la dosis de inoculación. Se observó que todas las variantes inoculadas superaron al tratamiento testigo y que la inoculación de la especie *Glomus hoi-like* con la dosis de 20 esporas por planta produjo el mejor resultado para este indicador a los 30 DDT (Figura 3A).



A: 30 DDT; B: 55 DDT. G.m.: *Glomus mosseae*; G.h.: *Glomus hoi-like*

Dosis I: 5 esporas por planta. Dosis II: 10 esporas por planta. Dosis III: 20 esporas por planta. Dosis IV: 40 esporas por planta.

FIGURA 3. Influencia de las especies de hongos micorrízicos arbusculares y la dosis de inoculación sobre la masa seca aérea de plantas de tomate.

En el segundo muestreo, a los 55 DDT, se encontró que las variantes inoculadas con las dosis de 10, 20 y 40 esporas por planta mostraron valores superiores que el resto de los tratamientos.

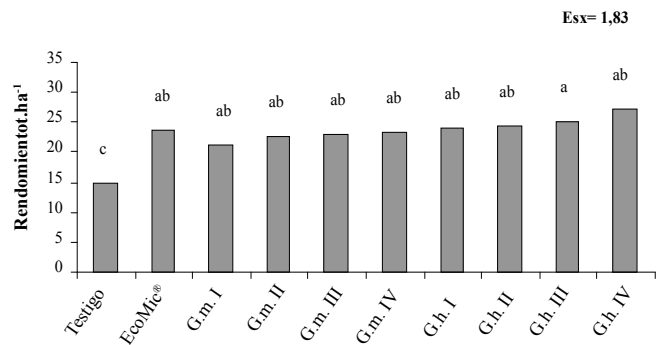
Estudios realizados por otros autores demostraron el beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas en el crecimiento de las plantas, particularmente en suelos tropicales, donde el potencial de explotación de estos hongos es mucho mayor y juegan un importante rol en la nutrición de la mayoría de los cultivos (Posada *et al.*, 2007; Barcenás *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2008 y Díaz *et al.*, 2008).

El efecto positivo de la inclusión de los HMA en los sistemas agrícolas de producción fue comprobado por varias investigaciones en las que alcanzaron incrementos en los indicadores de crecimiento en viveros de cultivos de aguacate (Barcenás *et al.*, 2007), en la aclimatización de vitroplantas de plátano (Usura *et al.*, 2008), en la producción de posturas de café (Sánchez *et al.*, 2006) y en el cultivo del boniato (Alarcón *et al.*, 2008).

Con relación al rendimiento agrícola del cultivo de tomate (Figura 4), no se encontró significación para los factores evaluados, indicando que incidieron otros elementos que no fueron considerados en este experimento. Se observó un comportamiento similar entre las variantes inoculadas al no existir diferencias significativas, pero sí con relación al testigo no inoculado.

Estos resultados se consideran bajos para el cultivo, si se comparan con los reportados por Moya *et al.* (2004), quienes obtuvieron 25 t ha⁻¹ para dicha variedad en plantaciones no micorrizadas.

Por otra parte, investigaciones realizadas por Agüero *et al.* (2006) demostraron que las plantas micorrizadas incrementan su rendimiento, ya que sus hifas al desarrollarse, aumentan el volumen de suelo total a explorar y permiten la absorción de nutrientes fuera de la zona de agotamiento producida por las raíces.



G.m.: *Glomus mosseae*; G.h.: *Glomus hoi-like*

Dosis I: 5 esporas por planta. Dosis II: 10 esporas por planta.

Dosis III: 20 esporas por planta. Dosis IV: 40 esporas por planta.

FIGURA 4. Influencia de las especies de hongos micorrízicos arbusculares y las dosis de inoculación sobre el rendimiento agrícola del cultivo de tomate.

CONCLUSIONES

- Se observó una respuesta positiva del cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L. var. Amalia) a la inoculación con HMA en soporte líquido al realizar un análisis integral de todos los parámetros estudiados, permitiendo afirmar que al igual que el portador

sólido, ambas vías de inoculación son efectivas para dicho cultivo en las condiciones evaluadas.

- La respuesta encontrada en el cultivo de tomate para las dosis estudiadas, si bien son preliminares para la inoculación en soporte líquido, exhortan a desarrollar nuevas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, M. Y., E. Tamayo, R. Novella, M. A. Machado, D. Batista, Y. Álvarez y M. C. Ojeda. 2006. Respuesta del cultivo del tomate a la aplicación de fertilizante mineral y micorrizas arbusculares en condiciones de la provincia de Granma. Prog. y Res. **In:** XV Seminario Científico INCA., La Habana. Cuba.
- Alarcón, A. Z., J. A. Morales, E. J. Oliva, A. B. Vega y T. F. Boicot. 2008. Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus* sp. en el cultivo del boniato (*Ipomea batatas* (L.), Lam). Revista Electrónica Granma Ciencia. 12(2).
- Azcón, R. 2000. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. **In:** Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundi-Prensa, México. 15 p.
- Barcenas, A., C. Almaraz, L. Reyes, L. Varela, B. Lara, A. Guillén, Y. Carreón, S. Aguirre y A. Chávez. 2007. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en Huertos de aguacate de Michoacán. **In:** Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña Del Mar, Chile.
- Castillo, C., I. Astroza, F. Borie y R. Rubio. 2008. Efecto de cultivos hospederos y no hospederos sobre propágulos micorrícicos arbusculares. Revista Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal. 8(1):37-54.
- Dell'Amico, J. M., F. Fernández, E. Nicolás, L. F. López y M. de J. Sánchez-Blanco. 2007. Respuesta fisiológica del tomate a la aplicación de dos inoculantes a base de *Glomus* sp1 (INCAM 4) por dos vías de inoculación diferentes. Cultivos Tropicales. 28(2):51-58.
- Díaz, F. A., C. I. Garza, Q. V. Pecina y G. N. Montes. 2008. Respuesta del sorgo a micorriza arbuscular y *Azospirillum* en estrés hídrico. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(1):35-42 p.
- Fernández, F. 2003. Avances en la producción de inoculantes micorrícicos arbusculares. **In:** Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso el Caribe. La Habana, Cuba. INCA. 166 p.
- Fernández, F., J. M. Dell'Amico y Y. Pérez. 2004. Producto Inoculante Líquido. Patente (Solicitada).
- Giovannetti, M. 2000. Spore germination and pre-symbiotic mycelial growth. **In:** Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Eds: Y Kapulnick and DD Douds Jr. Kluwer Academic Press. 47-68 pp.
- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol. 489-500 pp.
- International Union of Soil Sciences (IUSS). 2006. Working Group WRB. World Reference Base for soil resources. World Soil Resources Reports, FAO, Rome. nº. 103, 128 p.
- Llonín, D. y N. Medina. 2002. Nutrición mineral con N, P y K en la simbiosis hongos micorrizógenos-tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Ferralsol. Cultivos Tropicales, Vol.23(4):83-88.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 1999a. Instituto de Suelos. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana, Agrinfor. 64 p.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 1999b. Instructivo técnico para el cultivo del tomate. La Habana, Cuba. 69 p.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. Soc. 158-161 pp.
- Posada, R. H., C. L. A. Franco, C. A. Cuellar, C. W. Sánchez y F. A. Sánchez. 2007. Inóculo de hongos de micorriza arbuscular en pasturas de brachiaria decumbens (poaceae) en zonas de loma y vega. **In:** Acta biol. Colomb. 12(1):113-120.
- Pulido, L. E., A. Cabrera y N. Medina. 2003. La biofertilización con Rizobacterias y hongos micorrícicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Licopersicum sculentus* Mil) y cebolla (*Allium cepa*).

II Colonización radical y estado nutricional. Cultivos Tropicales. 24(2):5-13.

Querejeta, J. I., L. M. Egerton-Warburton and M. F. Allen. 2003. Direct nocturnal water transfer from oaks to their mycorrhizal symbionts during severe soil drying. *Oecología*. 55-64 pp.

Sánchez, C., D. Caballero, R. Rivera, R. Cupull, C. González, M. Ferrer e Y. Delgado. 2006. Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos sobre el desarrollo de posturas de cafeto. Parte III. Suelo ferralítico rojo de montaña. *Centro Agrícola*. 33(2):17-22.

Terry, A. E. 2005. Microorganismos benéficos y productos Bioactivos como alternativas para la Producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill var. "Amalia"). Tesis presentada en opción la grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA. 133 p.

Usuga, C. E., D. A. Castañeda y A. E. Franco. 2008. Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (HMA) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Musa* aaa cv. Gran enano). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín, Colombia. 61(1):4 279-4 290.

CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CALIDAD EN ALMENDRAS DE CACAO CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO DURANTE EL PROCESO DE SECADO

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL QUALITY PARAMETERS IN CRIOLLO, TRINITARIO AND FORASTERO COCOA BEANS DURING THE DRYING PROCESS

Alexis Zambrano*, Álvaro Gómez**, Gladys Ramos**, Carlos Romero**, Carlos Lacruz*** y Eliana Rivas**

*Investigador. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Química, Mérida, Venezuela.

Investigadores y *TAI. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Mérida, Venezuela.
Correo electrónico: alexisze@yahoo.com.

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó con tres tipos de cacao, *Theobroma cacao* L., Criollo (Porcelana, Guasare y Criollo Merideño San Juan-CMSJ) colectados en el estado Mérida; Trinitario (ICS-1) y Forastero (IMC-67xOC-61), cosechados en el estado Aragua, con la finalidad de evaluar la calidad del proceso de secado y el comportamiento físico del grano. Se efectuaron registros diarios de peso, pH y acidez titulable (AT) en las almendras, así como porcentaje de testa y acidez volátil (AV) al final del secado. El protocolo utilizado fue un secado gradual, en gavetas de madera durante 6 d. Los resultados muestran que la pérdida de peso en los tipos evaluados, se ajusta a una función polinomial $Y = a X^m - b X + c$ con un coeficiente de correlación entre 0,96 y 0,99. Con relación a la AT en cotiledones de los diferentes tipos evaluados ($P > 0,001$) y porcentaje de cascarilla, el Criollo Porcelana presentó valores superiores a las demás variedades. La humedad se mantuvo constante en todos los cacaos.

Palabras Clave: *Theobroma cacao* L.; secado; humedad; Forastero; Trinitario; Criollo; postcosecha.

SUMMARY

Three kinds of cocoa were used in this investigation: Criollos (Porcelana, Guasare y Criollo Merideño San Juan) collected in Mérida State; Trinitario: ICS-1 and the Forastero IMC-67xOC-61, harvested in Aragua State. Registrations of Daily weigh, pH and tritable acidity (TA) in the beans percentage of testa (test/head) and volatile acidity (VA) when the dried stage is over were done. The process used was a gradual dried into wooden drawers during six days. The results have shown that the weigh lost in the samples evaluated are set to a polimomial function $Y = a X^m - b X + c$, with a correlation rate between 0.96 and 0.99. About the TA to the cotyledons of the evaluated cocoas ($P > 0,001$), the Criollo Porcelana had higher values than the rest of the cocoas, humidity remained constant in all cocoas and the highest percentage of hulls was cocoa presented Porcelana.

Key Words: *Theobroma cacao* L.; dried; moisture; Forastero; Trinitario; Criollo; postharvest.

RECIBIDO: febrero 02, 2010

ACEPTADO: septiembre 09, 2011

INTRODUCCIÓN

Al finalizar el proceso de fermentación, la humedad de las almendras de cacao, *Theobroma cacao* L., es ligeramente superior al 60% y debe reducirse hasta 8%. Valores inferiores hacen que la cáscara se torne quebradiza, mientras que contenidos de humedad superiores, hacen que el grano de cacao sea susceptible al desarrollo de hongos durante el almacenamiento (Stevenson *et al.*, 1993).

Por otro lado, las almendras después de la fermentación presentan una acidez volátil (AV) del 1%, el cual 9/10 partes son de ácido acético. Este compuesto es de importancia durante la fermentación, pero indeseable en etapas posteriores y pertinente su eliminación durante el secado (Jinap *et al.*, 1994). Es indispensable encontrar condiciones que permitan la disminución adecuada de acidez durante el secado y que se cumpla con las especificaciones requeridas de humedad para asegurar un ambiente óptimo de almacenamiento y evitar contaminación microbiana.

En Venezuela, el cacao es secado al sol mediante protocolos no uniformes que dependen de las costumbres de los agricultores y de la disponibilidad de infraestructura para su ejecución. Existen dos grupos de secadores, los naturales y los artificiales. Los naturales son aquellos donde se utiliza la energía solar, mientras que en los artificiales, la energía requerida la suministran unidades de calor diseñadas con esa finalidad. Los secadores naturales sólo pueden ser utilizados cuando las lluvias no son excesivas y la insolación es suficiente.

La temperatura máxima media que se obtiene durante este proceso es de 55 °C, con la cual no se distorsiona la actividad enzimática del grano de cacao. En el caso de máquinas secadoras, se obtienen temperaturas superiores a 65 °C, que pueden producir inhibición de la actividad enzimática, que es importante dentro de la almendra, donde ocurren reacciones de oxidación que disminuyen el sabor amargo y la astringencia del grano de cacao aunque esto sucede poco durante el secado (Forsyth y Quesnel, 1963).

El proceso de secar las almendras de cacao es una de las etapas del beneficio postcosecha, que debe ser cuidadosamente realizada para garantizar la calidad integral del producto final. El secado es un proceso físico, químico y mecánico, mediante el cual se elimina el exceso de humedad de las almendras, se reduce la AV y se completa la formación del sabor y aroma a chocolate dentro de las mismas (Cros y Jeanjean, 1995). Este proceso debe hacerse en forma lenta y gradual, empezando por pocas

horas de exposición al sol durante los primeros días y aumentar progresivamente hasta la plena exposición en los últimos días.

Con el secado violento, no se logra un secado uniforme debido a la interrupción de la hidrólisis enzimática de las antocianinas generando almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente, a la vez se endurece rápidamente la testa o cascarilla que una vez seca, impide la salida o difusión de los AV que se concentran en la almendra generando granos ácidos (Forsyth y Quesnel, 1963; Biehl *et al.*, 1989).

Entre los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao por los fabricantes de chocolate, se encuentran aspectos físicos tales como, el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad. Por esta razón es importante evaluar dichos parámetros de calidad en cacaos criollos que representan gran interés a los chocolateros tanto artesanales como industriales, debido a los atributos organolépticos que contienen, permitiendo controlar y eliminar sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia que son el resultado de los factores condicionantes de la calidad final de las almendras durante la postcosecha (Álvarez *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar los parámetros de calidad físicos y químicos de las almendras fermentadas provenientes del cacao Criollo, Forastero y Trinitario, durante el proceso de secado y su comportamiento físico en condiciones experimentales y controladas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una masa de almendras de cacao fermentadas durante 3 d para el cacao Criollo (Guasare, Porcelana y Cacao Merideño San Juan-CMSJ), 6 d para el Trinitario ICS-1 y 7 d para el Forastero IMC-67xOC-61. Las muestras se tomaron durante 1 año en dos ciclos de cosecha diferentes y fueron fermentadas en cajas de madera dulce. Las fermentaciones se realizaron en el Campo Experimental San Juan de Lagunillas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Mérida, parcela de localización del cacao CMSJ, en la población San Juan de Lagunillas, municipio Sucre, estado Mérida, situada entre los 8° 28' 30'' y 8° 32' 00'' de latitud norte y entre los 71° 19' 00'' y 71° 22' 30'' de longitud oeste, a una altitud de 1 150 m.s.n.m. y una temperatura media de 25 °C.

Para cada evaluación se tomaron 10 granos de cacao fermentado, se determinó su peso diario, desde el inicio del proceso de secado hasta el sexto día, momento en el cual alcanzó un porcentaje de humedad adecuado para su almacenamiento. Del mismo modo, fue evaluado diariamente el pH en cotiledones (López y Quesnel, 1973) y AT mediante la metodología de Espín y Armijos (2001). Asimismo, se realizó pruebas de corte para verificar el estado de agrietamiento de los cotiledones, el cambio de color durante el proceso utilizando la tabla Munsell de colores vegetales, porcentaje de cascarrilla (Stevenson *et al.*, 1993) y aspectos físicos de las almendras.

Después de la fermentación, las almendras fueron colocadas en gavetas de madera y expuestas al sol durante 6 d; el 1^{er} d 2 h, el 2^{do} d 3 h, el 3^{er} 4 h, el 4^{to} 5 h, el 5^{to} y 6^{to} d 8 h, hasta alcanzar un 8% de humedad (IOCCC, 1993). En el día se resguardaban de la lluvia y en las noches se protegían de la humedad, sin acumular los granos de cacao. Para que el secado fuese homogéneo los granos se removieron cada hora, utilizando para ello herramientas de madera.

Por último, la determinación de ácidos orgánicos volátiles (Espín *et al.*, 2001), consistió en la remoción de los AV de las semillas de cacao con el uso de un ácido fuerte (H_2SO_4) y destilación por arrastre con vapor. Los ácidos son colectados sobre agua destilada y valorados con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N. Los resultados son expresados en mg de ácido acético por gramo de muestra.

Análisis Estadístico

Para los análisis de varianza y comparación de medias de este trabajo, se utilizó el programa Proc GLM de Statistical Analysis Software (SAS, 1998) en todas las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros diarios para cada tipo de cacao evaluado, permitieron determinar la pérdida de humedad durante el proceso de secado y establecer el final de este. Los valores de porcentaje de humedad remanente en las almendras para cada tipo de cacao en función del tiempo, se valoraron a través de un análisis de regresión y correlación, encontrándose para todas las muestras, un ajuste de la función polinomial (cuadrática) $Y = aX^m - bX + c$ y valores de coeficiente de correlación entre 0,96 y 0,99. Resultados similares obtuvo Nogales *et al.* (2006), al

evaluar los cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado, bajo condiciones climáticas similares a las de este estudio.

En las Figuras 1 y 2, se presenta la pérdida de humedad durante el proceso de secado en el cacao Guasare para las fermentaciones del primer y segundo ciclo de cosecha del estudio; en las mismas se observa la pérdida gradual de humedad la cual desciende hasta 7,5 a 8%, aproximadamente.

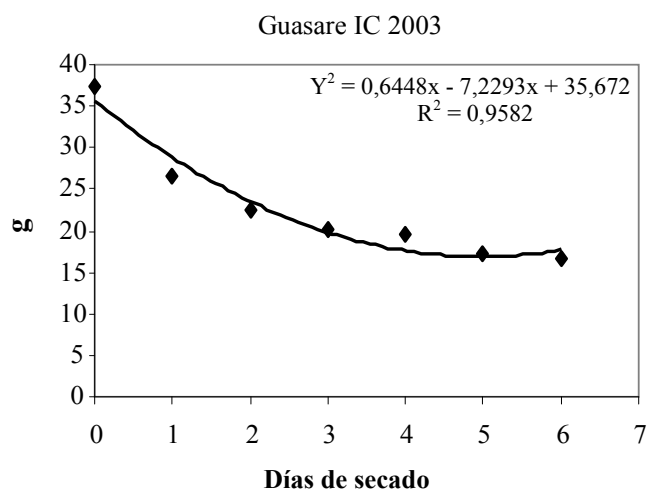


FIGURA 1. Pérdida de humedad del cacao Guasare durante el secado en el primer ciclo de cosecha (año 2003).

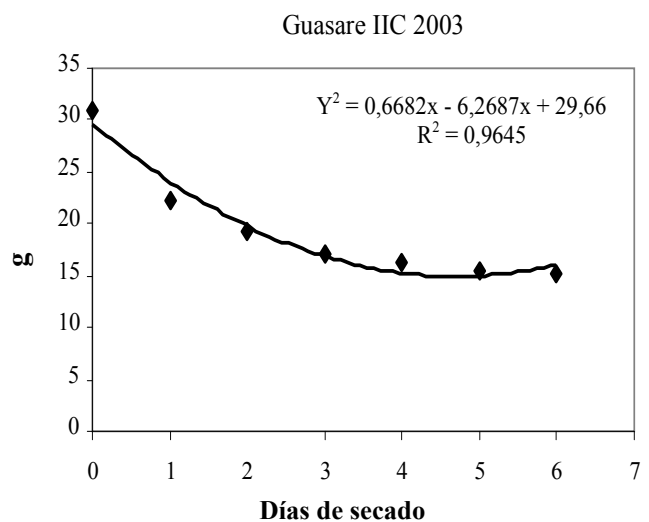


FIGURA 2. Pérdida de humedad del cacao Guasare durante el secado en el segundo ciclo de cosecha (año 2003).

El pH en los cotiledones: Los parámetros químicos evaluados en el proceso de secado demostraron que el pH en los cotiledones no presentó variaciones marcadas, y fluctuó entre 4,6 y 5,1 en un mismo ciclo de cosecha para una $P > 0,001$, tal como se observa en las Figuras 3 y 4 para el cacao ICS-1 e IMC-67xOC-61, respectivamente.

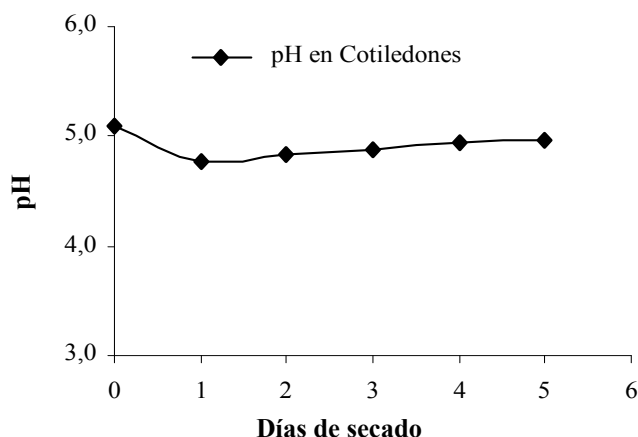


FIGURA 3. Comportamiento del pH en los cotiledones durante primer ciclo de cosecha en el secado del cacao ICS-1 (año 2003).

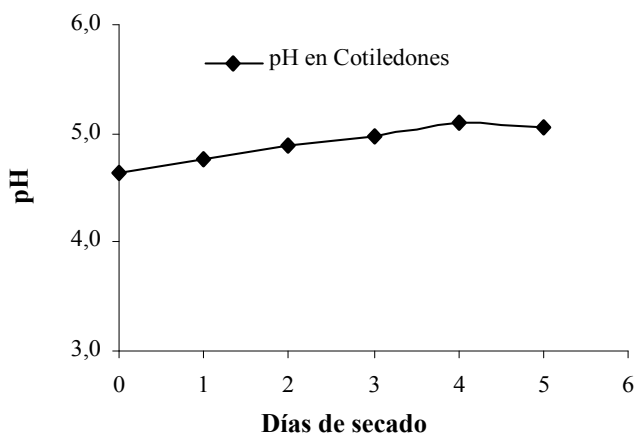


FIGURA 4. Comportamiento del pH en los cotiledones durante primer ciclo de cosecha en el secado del cacao IMC-67xOC-61 (año 2003).

Se encontró diferencias significativas entre ciclos de cosecha de un mismo año y entre los valores de pH al inicio y al final del secado. En todos los casos se observa que la tendencia es a incrementar ligeramente el pH del cotiledón, Jinap *et al.* (2000).

En cuanto a la variación de la acidez durante el proceso de secado, se observó que la misma, en todos los casos evaluados, tendió a incrementarse sin mostrar cambios significativos entre días. Sin embargo, en algunos casos se notó que entre el inicio y final del secado, el incremento fue considerable, tal como se muestra en los Cuadros 1 y 2 para los cacaos IMC-67xOC-61 e ICS-1, respectivamente.

Este fenómeno puede estar ocurriendo debido a que en el transcurso del proceso de secado, la testa de la semilla de cacao se hace cada vez más compacta, evitando de esta manera, la pérdida de ácidos hacia el exterior, lo que hace que dichos ácidos se concentren en los cotiledones.

Este mismo comportamiento fue obtenido por Jinap *et al.* (2000) y Zaibunnisa *et al.* (2000) al evaluar las características de calidad de cacao de Malasia con respecto al beneficio postcosecha. Sin embargo, en esta investigación se encontró que la AT en los cotiledones de los cacaos Criollo fue menor que en el Forastero y Trinitario al final del proceso de secado (Cuadro 3).

CUADRO 1. Acidez titulable (ml de NaOH 0,1N) en almendras de IMC-67xOC-61 durante 5 d de secado.

Repetición	Día				
	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}
I	2,10	2,00	2,20	2,20	2,70
II	2,05	2,05	2,20	2,30	2,50
III	2,25	1,95	2,15	2,25	2,40
IV	2,05	1,95	2,05	2,30	2,80
Promedio	2,11	1,99	2,15	2,26	2,60

CUADRO 2. Acidez titulable (ml de NaOH 0,1N) sobre almendras de ICS-1, durante 5 d de secado.

Repetición	Día				
	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}
I	2,25	2,50	2,80	2,90	3,00
II	2,05	2,40	2,85	2,70	3,00
III	2,35	2,30	2,70	2,60	3,20
IV	2,05	2,40	2,50	2,70	2,90
Promedio	2,18	2,40	2,71	2,73	3,03

CUADRO 3. Promedio de la acidez titulable (ml de NaOH 0,1N) en cacao Criollo, durante 6 d de secado.

Tipo de cacao	Inicio	Día					
		1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}
Guasare	1,91	1,62	1,78	1,99	2,02	2,34	1,90
CMSJ	1,93	1,48	1,49	2,00	2,24	2,08	2,03
Porcelana	3,11	2,25	2,27	2,33	2,86	2,44	2,30

CMSJ= Criollo Merideño San Juan.

Por otra parte, se consiguió que el índice de almendra (ÍA) también difiere entre los tipos de cacao ($H = 22,1$; $P = 0,001$). Los menores índices aparecen en el cacao Porcelana e IMC-67xOC-61, que no difieren significativamente entre sí, mientras que los mayores ÍA lo

presentan Guasare, ICS-1 y CMSJ. Porcelana ocupa una posición intermedia en cuanto a su ÍA. Todas las muestras de almendras satisfacen el criterio de número de almendras en 100 g y el ÍA. Las pérdidas de peso fueron más notorias en los materiales del tipo Criollo (entre 50,41 y 58,46 %), mientras que en el Forastero fue alrededor del 47%, esto asociado a un mayor ÍA en los cacaos criollos (Cuadro 4).

En cuanto a la apariencia física de las almendras durante los días de secado se pudo observar que en los cacaos criollos y el ICS-1 permanecían hinchados en todo el proceso y la testa mantenía una textura lisa, mientras que el cacao Forastero mostró un aspecto plano y una textura áspera. El porcentaje de cascarilla varía significativamente entre los tipos de cacao examinados, siendo bajo para los tipos Guasare y CMSJ, intermedio para ICS-1 y alto para IMC-67xOC-61 y Porcelana ($H = 26,9$; $P < 0,001$). El mayor contenido de cascarilla lo presentó el cacao Porcelana y el IMC-67xOC-61.

CUADRO 4. Disminución del peso (g) para muestras de 9 almendras de cacaos (Criollo, Forastero y Trinitario), durante el proceso de secado.

Día de fermentación	ICS-1 IF IC	IMC-67 xOC-61 IF IC	IMC-67 xOC-61 IF IIC	Guasare IF IC	Guasare IF IIC	CMSJ IF IC	CMSJ IF IIC	Porcelana IF IC	Porcelana IF IIC
Inicio									
1	31,80	27,10	25,5	37,37	30,90	34,35	31,47	36,09	35,6
2	23,25	19,60	17,95	26,52	22,35	23,87	21,72	24,04	22,10
3	19,00	16,70	15,35	22,57	19,22	20,77	18,80	19,91	18,70
4	16,95	15,35	14,50	20,02	17,20	17,85	17,00	16,30	17,30
5	16,20	14,90	14,10	19,64	16,17	17,20	15,85	15,61	16,80
6	15,85	14,60	14,00	17,10	15,60	16,67	15,30	15,15	16,50
% peso*	---	---	---	16,75	15,32	16,32	15,12	14,99	---
	49,84	53,5	51,66	44,81	49,59	47,52	48,05	41,54	46,35

* Porcentaje del peso que conservan las almendras entre el primero y último día de secado.

IF: primera fermentación

IIF: segunda fermentación

IC: primera cosecha

IIC: segunda cosecha

Del mismo modo, estas pérdidas fueron mayores durante el 1^{er} ciclo de cosecha en los Criollos y en el 2^{do} ciclo en los Forasteros y Trinitarios, debido a la mayor precipitación registrada en los sitios de colecta de las muestras evaluadas.

En el Cuadro 5 se presentan los coeficientes de correlación para tres tipos de cacao en el periodo de secado para dos ciclos de cosecha bajo las condiciones climáticas del Campo Experimental San Juan de Lagunillas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida).

De acuerdo a los valores de las pendientes se deduce que la dispersión fue baja, lo que permitió explicar el comportamiento de dichos cacaos a través de la función cuadrática ($Y = aX^2 - bX + c$) para la pérdida de humedad durante el secado.

En cuanto a la AV al final del proceso de secado, el análisis estadístico detectó diferencias a un nivel de significancia mayor al 5%, entre los valores promedios de acidez volátil en los diferentes ciclos de cosecha, en los distintos tipos de cacaos estudiados, posiblemente como consecuencia de la época del año y en menor magnitud debido al material genético (Cuadro 6). Por esta razón, el

proceso de secado debe estar estandarizado de manera de uniformizar la concentración de AV presentes en el cacao, de manera que la calidad también esté determinada por esta característica.

Finalmente, en el Cuadro 7 se encuentra el resultado del análisis físico de las muestras evaluadas después de secado el cacao. Pueden observarse diferencias en los parámetros de los cacaos analizados, posiblemente debido al origen genético de cada material. Respecto a la humedad, se consiguió valores superiores a los obtenidos por Álvarez *et al.* (2007) tanto en muestras comerciales como en sus ensayos realizados. Dicha diferencia puede estar asociada tanto al tipo de cacao evaluado como las condiciones ambientales, no obstante, el cacao presenta un adecuado contenido de humedad.

En este sentido, Ortiz *et al.* (2009) señalan que el almacenamiento del fruto antes del desgrane y la frecuencia de remoción de la masa fermentante ocasiona disminución de la humedad y acidez en el cacao. Presentándose para el cacao Criollo sólo en la humedad, mientras que en el Forastero el pH y la acidez. Sin embargo, si la masa se remueve frecuentemente se produce mucha aireación y un descenso de la temperatura, en consecuencia, disminución de la velocidad metabólica y alta concentración de ácido acético en los granos (Puziah *et al.*, 1998).

CUADRO 5. Términos de la función cuadrática de pérdida de humedad y coeficiente de correlación para tres tipos de cacao durante el secado en dos ciclos de cosecha, bajo las condiciones climáticas en San Juan de Lagunillas Mérida - Venezuela.

Tipo de Cacao	Ciclo de cosecha	a X ²	-b X	c	R ²
Guasare	I	0,6448 X ²	-7,229 X	35,672	0,9582
Guasare	II	0,6680 X ²	-0,2687 X	29,66	0,9645
CMSJ	I	0,6333 X ²	-5,6750 X	25,392	0,9425
CMSJ	II	0,7268 X ²	-6,6768 X	29,907	0,9492
Porcelana	I	0,9955 X ²	-9,0218 X	34,422	0,9647
Porcelana	II	1,3857 X ²	-10,151 X	33,843	0,9350
ICS-1	I	0,982 X ²	-7,8521 X	31,136	0,9853
IMC-67 x OC-61	I	0,8179 X ²	-6,3164 X	26,336	0,9699
IMC-67 x OC-61	II	0,8223 X ²	-6,1087 X	24,634	0,9555

CMSJ= Criollo Merideño San Juan

CUADRO 6. Valores de acidez volátil de almendras de cacaos (Criollos, Trinitario y Forastero) al final del proceso de secado.

Tipo de cacao	Ciclo de cosecha	Acidez volátil (mg CH ₃ COOH/gm)
Guasare	I	4,94a
Guasare	II	3,93b
CMSJ	I	6,49a
CMSJ	II	4,01b
Porcelana	I	7,78a
Porcelana	II	7,22b
ICS-1	I	5,39a
IMC-67xOC-61	I	6,01a
IMC-67xOC-61	II	8,33b

CMSJ= Criollo Merideño San Juan.

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

CONCLUSIONES

- El cacao Criollo (Porcelana, Guasare y CMSJ) presenta menor AT en los cotiledones en comparación al Forastero y Trinitario al final del proceso de secado.

- Valores de pH próximos a cinco en los cotiledones al final del proceso de fermentación y secado, podría ser un criterio para indicar un buen beneficio del cacao.
- Los cacaos criollos bien fermentados y secos presentan colores castaño claro y cotiledones agrietados, mientras que el Trinitario y Forastero presentan color pardo oscuro e igualmente cotiledones agrietados con presencia de algunas almendras de color violeta.
- Los cacaos criollos presenta un rendimiento en peso superior al cacao Forastero y Trinitario.
- La AV influye sobre las propiedades del grano de cacao, la cual varía en función del tipo de cacao y ciclo de cosecha.
- El contenido de humedad para todas las muestras fue menor al 8% y las pérdidas de las mismas durante la etapa del secado fueron próximas al 53% del contenido inicial en todas las muestras de Criollo y 47% en el Forastero.
- En 100 g de muestra, el número de almendras fue mayor para el cacao Forastero IMC-67xOC-61 y el menor número contados lo presentó Guasare, ICS-1 y CMSJ. Lográndose en estos últimos cacaos, un mayor rendimiento.

CUADRO 7. Análisis físicos de almendras de cacao (Criollo, Trinitario y Forastero) al final del proceso de secado.

Tipo de cacao	Semillas/ 100 g	Peso de 100 semillas	Ía g	Cascarilla (%)	Humedad (%)	Humedad testa	Grosor de la semilla	Color interno
Guasare	65	159,36	1,59	12,25	7,6	Lisa	Gruesa	
CMSJ	71	145,42	1,46	12,26	7,6	Lisa	Plana	
Porcelana	74	139,71	1,40	17,81	7,7	Lisa	Gruesa	
IMC-67								2,5R
xOC-61	78	128,75	1,29	16,61	7,5	Áspera	Plana	4/2 10R 3/2 2,5R
ICS-1	66	153,27	1,53	14,02	7,6	Lisa	Plana	4/3 10R 6/4

CMSJ= Criollo Merideño San Juan.

Color Interno: determinado a través de la tabla Munsell de colores vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., E. Pérez y M. C. Lares. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Trop.* 57(4):249-256.
- Biehl, B., B. Meyer, G. Crone, L. Pollmenn and M. Bin Said. 1989. Chemical and physical changes in the pulp during ripening and post harvest storage of cocoa pods. *J. Sci. Food Agric.* 48(2):189-208.
- Cros, E. 1995. Cocoa aroma formation. **In:** Cocoa Meeting, The various aspects of quality. Seminar Proceeding. CIRAD. Montpellier, Francia, 169-180.
- Espin, S. y A. Armijos. 2001. Determinación del pH y la acidez titulable en semillas de cacao. Métodos de análisis de cacao. INIAP, Departamento de Nutrición y Calidad. Quito, Ecuador, 2-6.
- Espin, S., A. Villavicencio y A. Armijos. 2001. Determination of volatile acidity in cocoa beans. Procedures for chemical analysis homologation. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad. Quito, Ecuador, 7-12.
- Forsyth, W. G. C. and V. C. Quesnel. 1963. The mechanism of cacao curing. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology.* Hoboken. USA. 25:457-492.
- International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionary. 1993. Determination of the Moisture Content of Cocoa nib and Cocoa Beans. IOCCC. Analytical Method N° 43.
- Jinap, S., J. M. Thien and T. N. Yap. 1994. Effect of Drying on Acidity and Volatile Fatty Acids Content of Cocoa Beans. *J. Sc: of Food and Agric.* 65:67-75.
- Jinap, S., M. Leow, A. Mansoor and I. Amin. 2000. Quality characteristics of Malaysia cocoa bean and cocoa butter blends. Proceedings of 13th International cocoa research conference. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 923-932.
- López, A. S. and V. C. Quesnel. 1973. Volatile fatty acid production in cocoa fermentation and the effect on chocolate flavour. *J. Sci. Food Agric.* 24:39-326.
- Nogales, J., L. Graziani de Fariñas y L. Ortiz de Bertorelli. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop.* 56(1):5-20.
- Ortiz de Bertorelli, L., L. Graziani de Fariñas y R. L. Gervaise. 2009. Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. *Agronomía Trop.* 59(1):73-79.
- 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.
- SAS Institute Inc. 1998. SAS/STAT Users guide. Version 6, 4th Edition, Vol. 2, Cary. N.C. USA.
- Stevenson, C., J. Corven y G. Villanueva. 1993. Manual para el análisis de cacao en el laboratorio. IICA. PROCACAO. Costa Rica, 65 p.
- Zaibunnisa, A., A. Russly, S. Jinap, B. Jamilah and W. Teguh. 2000. Mechanical fermentation: Its effect on the quality of cocoa beans. 13th International cocoa research conference. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 1 045-1 053 pp.

ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS DEL ESTADO ARAGUA, VENEZUELA, MEDIANTE REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMINAL

LAND USE CAPABILITY ESTIMATION OF ARAGUA STATE, VENEZUELA BY MULTINOMIAL LOGISTIC REGRESSION

Oscar Abarca* y Miguel A. Bernabé P.**

*Profesor. UCV. Instituto de Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. Venezuela

**Profesor. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía. Madrid.
Correo electrónico: abarca@agr.ucv.ve, ma.bernabe@upm.es

RESUMEN

En esta investigación se desarrolla un modelo de geoprocésamiento para la estimación de la Capacidad de Uso de las Tierras agrícolas del estado Aragua, Venezuela, mediante el ajuste de un modelo de regresión logística multinomial. Se generaron 38 variables geomorfológicas, mediante el procesamiento de un Modelo Digital de Elevación (MDE) derivado de las imágenes radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), de imágenes Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) y de información climatológica del área. En definitiva se seleccionaron 19 variables como factores del modelo y se obtuvo una bondad de ajuste moderada a escala regional con un pseudo R^2 de 0,48, estadísticamente significativo ($P \approx 0$), y un Índice Kappa global de 76%. El modelo también se ajustó y validó a escala local, obteniéndose una mejora en el ajuste y capacidad de estimación en las localidades donde el factor relieve tiene mayor importancia ($R^2=0,76$ y $R^2=0,54$). En zonas planas, donde otros factores como el material parental son más importantes para la pedogénesis, el ajuste del modelo y su validación no es mejor que el regional ($R^2=0,32$). A nivel global se obtuvo un 76% de concordancia estimación/realidad y a nivel local ésta varía entre 64 y 93%.

Palabras Clave: geoprocésamiento; geomorfología; Capacidad de Uso de la Tierra; regresión logística multinomial; Venezuela.

SUMMARY

This research develops a geoprocessing model for estimation the Land Use Capability of agricultural soils of Aragua State-Venezuela, by fitting a multinomial logistic regression model. Thirty eight geomorphometric variables were generated by processing of a Digital Elevation Model (DEM) derived from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) radar images, from Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), and wheather information. In the final 19 variables were selected as factors of the model and obtained a moderate adjustment to the regional level with a pseudo R^2 of 0.48, statistically significant ($P \approx 0$), and an overall Kappa index of 76%. The model also was adjusted and validated locally, resulting in an improvement in the fit and estimation capability in locations where the relief is more important factor ($R^2=0.76$ y $R^2=0.54$). In flat areas, where other factors such as parental material are more important for pedogenesis, model fit and validation is not better than the regional adjustment ($R^2=0.32$). Regionally 76% of conformity was obtained between the estimation and the reality and locally this one changes between 64 and 93%.

Key Words: geoprocessing; geomorphometry; land use capability; multinomial logistic regression; Venezuela.

RECIBIDO: diciembre 09, 2011

ACEPTADO: enero 19, 2011

INTRODUCCIÓN

En Venezuela los estudios de suelo a escala 1:250.000 (Estudios a Gran Visión) cubren cerca del 95% de la superficie nacional, a escala 1:100.000 (Estudios de Reconocimiento) comprenden unas 8,8 millones ha (10% del territorio) y a escala 1:50.000 o mayor (estudios semi-detallados y detallados) abarcan solo unas 2,8 millones de ha (3% del territorio nacional) según Viloria (2008) y Rey (2007). Estas cifras reflejan la escasa disponibilidad de la información requerida para realizar una adecuada planificación y gestión del sector agrícola nacional o para implementar mecanismos de gestión de tierras como el impuesto predial (previsto en la Ley de Tierra y Desarrollo Agrario).

Los levantamientos de suelo requieren un arduo trabajo que implica fases de planificación, muestreo en campo, análisis de laboratorio y procesamiento de datos, por lo que son lentos y costosos, lo que explica en parte la escasez de mapas detallados y actualizados.

Cuando existe información edafológica apropiada se pueden aplicar métodos propuestos en diferentes países para la evaluación de la Tierra, tales como la Evaluación de Tierras por Capacidad de Uso (Klingebiel y Montgomery, 1961; Comerma y Arias, 1971); Clasificación de Tierras con Fines de Riego (USDI, 1971); Clasificación de la Capacidad de Fertilidad del Suelo (Sánchez *et al.*, 1982); Evaluación de Tierras para Propósitos Específicos, de acuerdo al esquema y directrices de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (siglas en inglés FAO, 1991; 1990; 1985; 1983; 1976).

Algunas propiedades del suelo, claves en la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra, pueden ser evaluadas directamente con imágenes de sensores remotos. Esto a pesar de que usualmente el suelo se encuentra cubierto por la vegetación y que sólo en algunos casos su superficie es visible (Rossiter, 2005). Las imágenes multiespectrales del sensor Landsat pueden representar covariables ambientales de vegetación, material parental y suelos y, conjuntamente con Modelos Digitales de Elevación (MDE), utilizarse para modelar la distribución del suelo en el paisaje (Boettinger *et al.*, 2008).

Un área de investigación que se viene desarrollando desde hace unos 15 años, útil para la estimación de las propiedades de los suelos en áreas con escasa información, es la cartografía predictiva de los suelos (Dobos y Hengl, 2009; Lagacherie, 2008; Scull *et al.*, 2003) y de otras variables ambientales relacionadas con la

pedogénesis (Hengl y MacMillan, 2009; Jelaska, 2009; Evans *et al.*, 2009; MacMillan *et al.*, 2009; Peckham, 2009; Emeis y Knoche, 2009). Algunos enfoques en esta área se orientan a la estimación de las propiedades de los suelos apoyándose en Modelos Digitales del Terreno (MDT) y modelado estadístico (Dobos y Hengl, 2009; Giasson *et al.*, 2008; Debella-Gilo *et al.*, 2007; Drăgut y Blaschke, 2006; Schneider y Robbins, 2001; Lagacherie y Voltz, 2000; McKenzie y Ryan, 1999) o la clasificación automatizada de unidades de suelos a partir de los MDT combinada con técnicas de clasificación de imágenes, aplicada sobre parámetros de dichos modelos (Valladares y Hott, 2008; Penizek y Boruvka, 2008; Mendoça-Santos *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2008; Hengl y Rossiter, 2003; Bathgate y Duran, 2003; Ventura e Irvin, 2000).

En el campo de la cartografía predictiva, la regresión logística multinomial es útil en la predicción de variables de tipo categórica o multi-categórica como las clases de Capacidad de Uso de la Tierra. Diversos autores emplearon este modelo para la cartografía predictiva de suelos con reportes satisfactorios de resultados (Giasson *et al.*, 2008; Debella-Gilo *et al.*, 2007; Brenning y Trombotto, 2006; Campling *et al.*, 2002; Ohlmacher y Davis, 2003; Gurdak (2006).

La ecuación de la relación entre la variable dependiente y las variables independientes en la regresión logística multinomial es la siguiente:

$$g_k(x) = \ln \left[\frac{P(Y=k|X)}{P(Y=O|X)} \right] = \beta_{ko} + \beta_{kl}\chi_{kl} + \beta_{k2}\chi_{k2} + \dots + \beta_{kq}\chi_{kq} = X' \beta' \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

$g_k^{(X)}$ es la función logit de la categoría k contra una categoría tomada como referencia,

X es el vector de variables independientes, $X = (\chi_0 + \chi_1 + \dots + \chi_q)$,

β_{kq} es el vector de coeficientes, estimado para la categoría k y la variable q .

El *logit* de la variable dependiente se puede convertir a *Odds* mediante la ecuación:

$$\text{Odds}(Y=m1) = \frac{P(Y=1)}{1-P(Y=1)} = e^{\beta_{ko} + \beta_{kl}\chi_{kl} + \beta_{k2}\chi_{k2} + \dots + \beta_{kq}\chi_{kq}} \quad (\text{Ec.2})$$

El *Odds* se convierte a probabilidad P mediante la expresión:

$$P(Y=k|X) = \frac{e^{g_k^{(X)}}}{1 + e^{g_1^{(X)}} + e^{g_2^{(X)}} + \dots + e^{g_k^{(X)}}} \quad (\text{Ec.3})$$

Cada clase de Capacidad de Uso determinada con el modelo logístico, es una variable difusa y su afiliación o membresía al mapa es estimada a través de la probabilidad determinada con la regresión logística (Ec. 3). El modelo se aplica sobre puntos de muestreo, con Capacidad de Uso conocida (variable dependiente), y con un conjunto de atributos geomorfométricos, derivados de los MDT (variables independientes).

Para la elaboración de mapas de suelo, bajo el enfoque de cartografía predictiva de suelos, se utilizó capas derivadas de los MDT tales como el gradiente de la pendiente, longitud de la pendiente, curvatura horizontal y vertical, flujo acumulado, densidad de líneas de flujo, distancia a depresiones y cumbres (Bathgate y Duran, 2003) o profundidad de aguas subterráneas, pendiente, curvatura, cuenca visual, flujo acumulado, índice de humedad, índice de transporte de sedimentos y distancia al cauce más cercano (Hengl y Rossiter, 2003).

Los datos para la elaboración de los MDT pueden provenir de fuentes tan diversas como topografía de campo convencional o con el Sistema de Posicionamiento Global (siglas en inglés GPS), digitalización de mapas topográficos existentes o de imágenes de sensores remotos espaciales o aerotransportados. Particularmente interesante para áreas con escasa información topográfica, son las imágenes de Radar (bandas C y X) obtenidas por el Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), suministrada su libre disponibilidad en Internet, vía FTP.

La mayor parte de la investigación en cartografía predictiva de suelos se ha hecho a escalas muy grandes, prevaleciendo una deficiencia en la producción de mapas regionales, con enfoque en el factor relieve, minimizando el efecto neto de los otros cuatro factores formadores del suelos (clima, biota, material parental y tiempo) demostrado por Scull *et al.*, 2003.

La cartografía predictiva de suelos podría ser utilizada en las áreas con escasa información edafológica de Venezuela para generar la información requerida en los procedimientos de valoración del impuesto territorial y con fines de planificación regional y gestión de políticas agrícolas.

El objetivo de esta investigación es estimar la Capacidad de Uso de la Tierra en áreas con escasa información edafológica, a partir del ajuste de un modelo de regresión logística multinominal. Como área de estudio se seleccionó el estado Aragua, Venezuela, para realizar un ajuste de carácter regional, tomando información

existente sobre la Capacidad de Uso en algunos sectores representativos del Estado (variable dependiente), y variables geomorfométricas derivadas de los MDE satelital (variables predictoras del modelo).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo propuesto se desarrolló la siguiente secuencia metodológica:

a. Selección del área de estudio. Esta comprende al estado Aragua, región administrativa ubicada en el centro-norte de Venezuela y ocupa una superficie de 7 212,88 km². El estado se extiende entre los 9°15' y 10°32' de latitud norte y 66°32' y 67°52' de longitud oeste (WGS84). La superficie del estado se conforma por una franja estrecha de dirección NO-SE-S, con un ancho que varía entre 18 y 70 km y un largo de 190 km aproximadamente (Figura 1).

b. Selección de áreas de muestreo para la definición de la variable dependiente Capacidad de Uso de la Tierra. Strebin y Pérez (1974) realizaron un estudio de clasificación de la Capacidad de Uso de las tierras del estado Aragua y generaron un mapa a escala 1:100.000 con clases y subclases de capacidad, para un nivel de manejo de agricultura a gran escala (manejo mejorado).

Otros autores revisaron la clasificación, actualizando los datos e incrementaron la escala, estudiando otros parámetros ambientales en la zona o en sectores de ésta (Biasino, 1983; Jaimes, 1985; Biasino *et al.*, 1990; Vilorio *et al.*, 1998; Abreu, 2000; Jácome *et al.*, 2001^a; Jácome *et al.*, 2001^b; SIACRA, 2005; SISDELAV, 2005; SIACARG, 2005; CEAEA, 2005; Pineda *et al.*, 2006; Machado *et al.*, 2007; Abarca, 1998; Abarca y Bernabé, 2008a; Abarca y Ormeño, 2009).

A partir de estos estudios se seleccionaron cinco sectores (Figura 2) en los que, además de la revisión o actualización de la variable Capacidad de Uso de la Tierra, se caracterizaron otras variables ambientales. En estos sectores se realiza el muestreo estadístico de la variable a predecir (Capacidad de Uso) y se controla la generación de las variables empleadas en el modelo. Los sectores seleccionados fueron: cuenca alta del río El Limón, cuenca del río Aragua, cuenca alta del río Guárico, sector Tocarón y sector La Peña. Las áreas seleccionadas son representativas de los distintos ambientes ecológicos que caracterizan la región y cuentan con estudios de suelo a escalas 1:25.000 y 1:100.000.

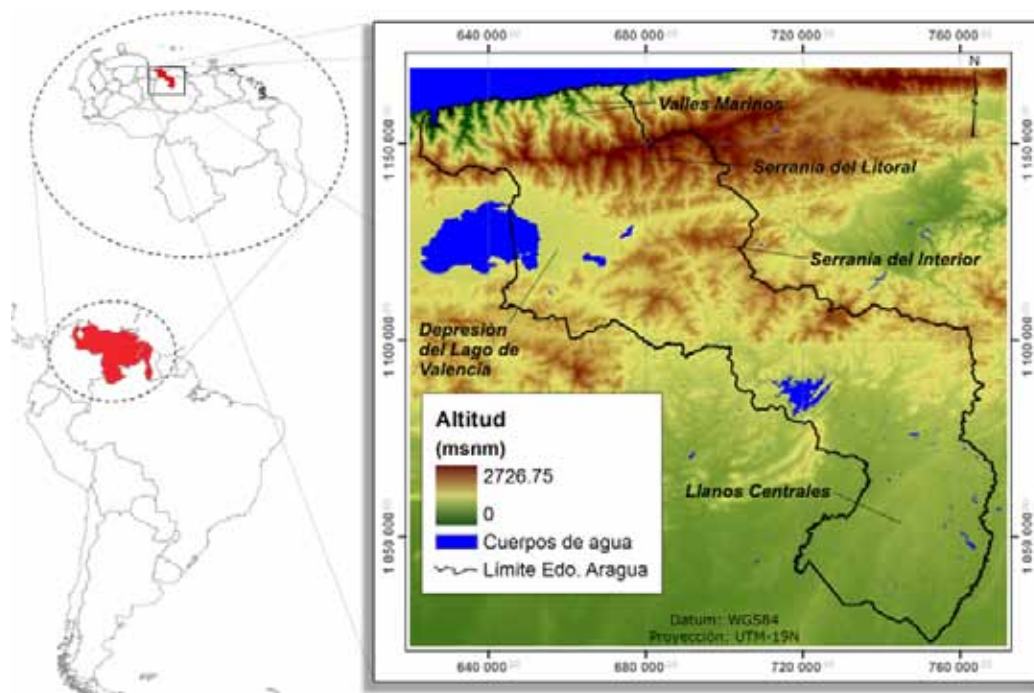


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio y sus zonas eco-geográficas, estado Aragua, Venezuela.

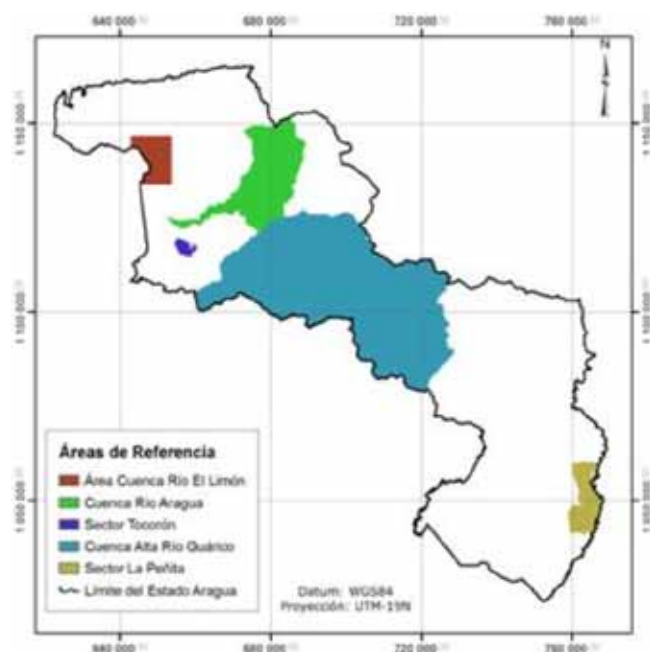


FIGURA 2. Ubicación áreas de referencia para el muestreo de la variable dependiente.

c. Obtención de un MDE a partir de imágenes de sensores remotos como fuente básica para la generación de las variables independientes del modelo. Se seleccionó el MDE derivado de imágenes de radar de la Misión Topográfica Shuttle (SRTM). Esta etapa implica el preprocesamiento de los MDE.

d. Generación de variables geomorfológicas a partir del MDE y de la información ambiental disponible.

e. Selección de las variables geomorfológicas más significativas y ajuste del modelo estadístico de regresión.

f. Validación del modelo estadístico mediante análisis del error de clasificación en las áreas de muestreo seleccionadas.

Se emplean los siguientes recursos para el desarrollo de la investigación:

a) El MDE derivado de las imágenes de radar de la Misión Topográfica del Transbordador Endeavour (Shuttle Radar Topography Mission-SRTM) de febrero del 2000. Se utilizan 4 imágenes con un tamaño de $1^\circ \times 1^\circ$ cada una, que cubren desde las coordenadas 9° a 11° de LatN y 66° a 68° de Long O. Estas imágenes tienen una

resolución de 3" de arco (90 m), una exactitud de 20 m en horizontal y de 16 m en vertical y fueron obtenidas de la NASA (2009).

b) Ortofotos digitales del estado Aragua de fecha 1995 y 1998. Se emplean 91 ortofotos con un tamaño de 7.5' x 5' de arco y 2.5 m de resolución.

c) Cartas topográficas en papel a escalas 1:25.000 (93 hojas de 7.5' x 5' de arco) y 1:100.000 (11 hojas de 30' x 20' de arco).

d) Imágenes multispectrales del sensor Landsat ETM+ de fechas 18/03/2000 y 14/03/2001 (University of Maryland, 2008).

e) Mapas de Capacidad de Uso de la Tierra de los sectores de referencia, disponibles a escala 1:100.000 y 1:25.000 (CEAEA, 2005; SISDELAV, 2005; SIACARG, 2005; SIACRA, 2005).

f) Datos promedios mensuales de las series históricas de precipitación, evaporación y temperatura disponibles para la red de estaciones climáticas del Estado Aragua y estados vecinos (MINAMB, 2008).

g) Software:

Se emplean los siguientes programas informáticos para el desarrollo de la investigación:

- SEXTANTE2.0 (Olaya, 2006): se utiliza para derivar, a partir de los MDE las principales variables geomorfológicas consideradas en el modelo.
- SAGA 2.0.4 (Cimmery, 2007): se utiliza para derivar, a partir de los MDE las variables geomorfológicas de más reciente implementación.
- IDRISI Andes (Eastman, 2006): se utiliza para ajustar y validar el modelo de regresión de la Capacidad de Uso de la Tierra.
- ArcGIS 9.3: se emplea para digitalización y edición de la información cartográfica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Predictoras geomorfológicas. Variables independientes

El análisis de la significancia estadística de cada variable permitió en definitiva seleccionar las 19 más influyentes.

En el Cuadro 1 se presentan las variables seleccionadas, ordenadas en función del nivel de significancia en el ajuste del modelo de regresión, definiendo su principal vinculación con el proceso pedogenético del suelo. Los algoritmos de cálculo de estas variables corresponden a los implementados por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) seleccionados, y operan básicamente con base en análisis de vecinos, sobre una ventana móvil de búsqueda (Figura 3).

En la Figura 4 se muestran seis de las variables geomorfológicas definidas. Los índices de Topes de Crestas y Fondos de Valles, como variables básicas, el Índice Topográfico de Humedad y la Acumulación de Flujo, como variables hidrológicas y el Excedente Hídrico Anual y el NDVI, como variables topo-bióticas.

Ajuste y validación del modelo de regresión

Los resultados del ajuste se presentan en el Cuadro 2.

El ajuste del modelo produjo los parámetros de las ecuaciones logísticas para cada categoría de clasificación. A modo de ejemplo, para la categoría 40 (clase de Capacidad de Uso IV) la ecuación de regresión es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{logic (Clase IV) - Clase VII} \\ = -270,5770 - 14,0953(\text{DEM}) - 0,2586(\text{PEND}) + 0,1570(\text{FONV}) - 0,1688(\text{TWI}) \\ - 14,8808(\text{SPI}) + 0,1039(\text{STI}) - 16,0410(\text{EXC}) + 0,0073(\text{DURAD}) - 5,0415(\text{ALM}) \\ - 0,0056(\text{PENDA}) - 0,0697(\text{DI5NR}) + 0,4278(\text{TOPCR}) + 14,1893(\text{MPI}) \\ + 0,0072(\text{CONV}) + 0,7156(\text{LONF}) - 0,0060(\text{BALN}) + 126,1112(\text{FRACT}) \\ + 0,0390(\text{ACU}) - 2,8020(\text{NDVI}) \end{aligned}$$

Los estadísticos obtenidos durante el ajuste del modelo (Cuadro 2) permitieron su validación parcial. El logaritmo de la verosimilitud ($-2\ln L_0$), análogo a la sumatoria de los errores cuadrados en el análisis de regresión lineal, así como el índice de McFadden, análogo al coeficiente R^2 en regresión lineal, proporcionan una idea de la fortaleza de la relación entre las variables independientes (geomorfológicas) y la variable dependiente (Capacidad de Uso de la Tierra), y su nivel de significancia estadística. Por otra parte, la razón de *Odds*, que se deriva de los coeficientes asociados a las variables ($e^{\beta_{kq}(x)}$) da una idea del tipo e intensidad de la relación entre cada variable independiente con la variable dependiente.

La validación se completó aplicando las ecuaciones de regresión generadas por el modelo para derivar el mapa de predicción de la Capacidad de Uso de la Tierra y comparando las celdas correctamente clasificadas en la predicción.

CUADRO 1. Variables geomorfológicas seleccionadas para el ajuste del modelo de regresión.

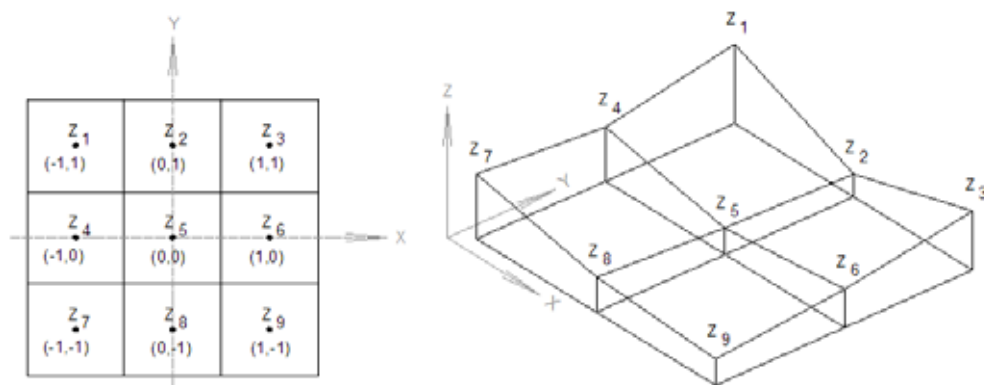
Variable	Significado	Definición	Vínculo principal con la pedogénesis	Algoritmo de cálculo(*)	Unid.
DEM	Altitud	Altura sobre el nivel del mar	Tasa del flujo de materia Magnitud del flujo de energía radiante Magnitud de la energía potencial gravitatoria	SRTM (NASA, 2009)	m
TWI	Índice topográfico de humedad	Determina la influencia de la topografía en la humedad del suelo y en su potencial de generar escorrentía	Características del flujo en general Tasa del flujo de materia Mecanismo de transformación/translocación	$TWI = Ln \left[\frac{A}{\tan(\beta)} \right]$ (Beven y Kirkby, 1979)	-
PEND	Gradiente de la pendiente	Representa la máxima tasa de cambio de los valores de elevación como expresión de la primera derivada de la superficie	Tasa del flujo de materia	$\beta = \tan(\arctan \sqrt{G^2 + H^2}) * 100$ (Zevenbergen y Thorne, 1987)	%
FONDV	Índice de llanura de fondos de valles	Identifica y representa los fondos de los valles como regiones continuas	Mecanismo de acumulación/denudación Mecanismo de transformación/translocación	Gallant y Dowling (2003)	-
STI	Índice de transporte de sedimentos	Caracteriza el efecto de la topografía sobre las pérdidas de suelo	Tasa del flujo de materia Magnitud del flujo Mecanismo de acumulación/denudación	$STI = \left(\frac{A}{22.13} \right)^m \left(\frac{\sin \beta}{0.0896} \right)^n$ (Mitosava y Mitas, 2001)	-
EXC	Excedente anual de humedad del suelo	Representa el excedente hídrico anual en el balance hídrico regional	Magnitud del flujo de materia Mecanismo de transformación/translocación Desarrollo de organismos	$\sum_{i=1}^{12} EXC_{(i)} = \sum_{i=1}^{12} P_{(i)} - \sum_{i=1}^{12} ETR_{(i)}$	m
MPI	Índice de protección morfológica	Determina el grado de resguardo que la configuración geomorfológica del terreno proporciona	Magnitud de la energía potencial gravitatoria Magnitud de los efectos del viento y la energía radiante	$MPI = \frac{\sum_{i=1}^9 MAX \left(\frac{S_i}{DH_{ij}} \right)}{8}$ (Jenness, 2007)	-
DURAD	Duración de la radiación solar potencial	Es el número de horas al año de radiación solar potencial recibida	Tasa del flujo de energía Mecanismo de transformación/translocación Desarrollo de Organismos	Böhner y Antonić (2009)	h
ALM	Almacenamiento anual de humedad del suelo	Representa la distribución aproximada del almacenamiento potencial de humedad del suelo como consecuencia del balance hídrico regional	Mecanismo de transformación/translocación Desarrollo de Organismos	Puede variar entre: Mínimo = 0; Máximo = capacidad teórica de almacenam; Intermedio = $Disp_{(i)} - ETR_{(i)}$	m
PENDAA	Gradiente de la pendiente aguas arriba de la celda	Inclinación promedio del terreno entre todas las celdas situadas aguas arriba de la celda de cálculo	Multi Flow Direction (Quinn <i>et al.</i> , 1991; Freeman, 1991)		%

... continúa

...continuación CUADRO 1.

Variable	Significado	Definición	Vínculo principal con la pedogénesis	Algoritmo de cálculo(*)	Unid.
TOPECRE	Índice de llanura de topes de crestas	Identifica y representa de forma continua la cima plana de terrenos elevados como filas, terrazas, mesetas	Mecanismo de acumulación/denudación Mecanismo de transformación/translocación	Gallant y Dowling (2003)	-
SPI	Índice de potencia de flujo	Indicador de la capacidad de un cauce (o celda) de producir erosión	Tasa del flujo de materia Mecanismo de acumulación/denudación	$SPI = A * \tan(\beta)$ (Moore <i>et al.</i> , 1993)	-
DISTNRD	Distancia natural a la red de drenaje	Representa la distancia que recorre el agua desde la celda hasta el cauce más cercano a la misma	Características del flujo en ladera Mecanismo de acumulación/denudación	Deterministic-8 (D8) (O'Callaghan y Mark, 1984)	km
BALNET	Balance neto	Determina el balance neto relativo entre la entrada y la salida de sedimentos en una celda	Magnitud del flujo de materia Mecanismo de acumulación/denudación	MFD (Quinn <i>et al.</i> , 1991; Freeman, 1991) Factor LS (Wischmeier y Smith, 1978)	-
CONV	Índice de Convergencia	Permite distinguir áreas de flujo convergente de las divergentes	Concentración/dispersión de las líneas del flujo	$IC = \left[\left(\frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 \theta_i \right) - 90 \right] * \frac{100}{90}$ (Köthe <i>et al.</i> , 1996)	-
LONGF (L _i)	Longitud de las vías de flujo	Determina la distancia total de flujo desde la celda hasta las divisorias de agua	Características del flujo en general Tiempo de concentración del flujo	$L_i = L + \sum_{i=1}^k (L_{di})$ (Suet y Lam, 2004)	km
FRACT	Dimensión fractal	Permite calcular o simular la rugosidad del terreno	Mecanismo de acumulación/denudación Características del flujo en general	$DF = \frac{Ln(2)}{Ln(2) + Ln\left(\frac{180-5}{2}\right)}$ Eastman (2006)	-
FLUAC (A _i)	Acumulación de flujo	Determina la superficie aguas arriba de un punto que recolecta todo el flujo recibido y lo transita por dicho punto	Magnitud del flujo de materia	$A_i = A + \sum_{i=1}^k (A_{di})$ (Freeman, 1991)	ha
NDVI	Índice normalizado de diferencia de vegetación	Permite discriminar masas vegetales de zonas descubiertas	Mecanismo de transformación/translocación Tasa del flujo de materia y energía Desarrollo de Organismos	$NDVI = \frac{\rho_{NRC} - \rho_{Ri}}{\rho_{NRC} + \rho_{Ri}}$	-

(*) Símbolos: $G = (-Z_x + Z_y)/2d$ (Figura 3); $H = (-Z_x + Z_y)/2d$ (Figura 3); m = depende del tipo de erosión y varía entre 0,4 y 0,6; n = depende del tipo de erosión y varía entre 1,0 y 1,3;
 $Pr_{(0)} =$ Precipitación Promedio; $ETR(i) =$ Evapotranspiración real; $S_{ij} =$ Gradiente de la pendiente ($^{\circ}$) en la celda i , en la dirección j ; $DH_{ij} =$ Distancia horizontal en un radio de 2 km;
 $Disp_{(0)} = Pr_{(0)} + ALM_{(0)} - ETP_{(0)}$; $ALM_{(0)} =$ Almacenamiento de humedad del suelo (mes anterior); $ETP_{(0)} =$ Evapotranspiración potencial; $\theta_i =$ es el ángulo de desviación entre el vector que une el centro de la celda i con el centro de la ventana móvil, hasta el vector de orientación de la celda i ; $L =$ es el valor de la longitud acumulada de la celda central; $d_i =$ fracción de flujo que drena a la celda vecina; $A =$ área de captación de la celda central; $\rho_{NRC} =$ reflectividad al IR (Banda 4 ETM+); $\rho_{Ri} =$ reflectividad al rojo (Banda 3 ETM+).



Fuente: Adaptado de Hengl y Evans (2009) y Burrough y McDonnell (2005).

FIGURA 3. Ventana de búsqueda móvil de 3x3 celdas para el cálculo de las variables geomorfométricas.

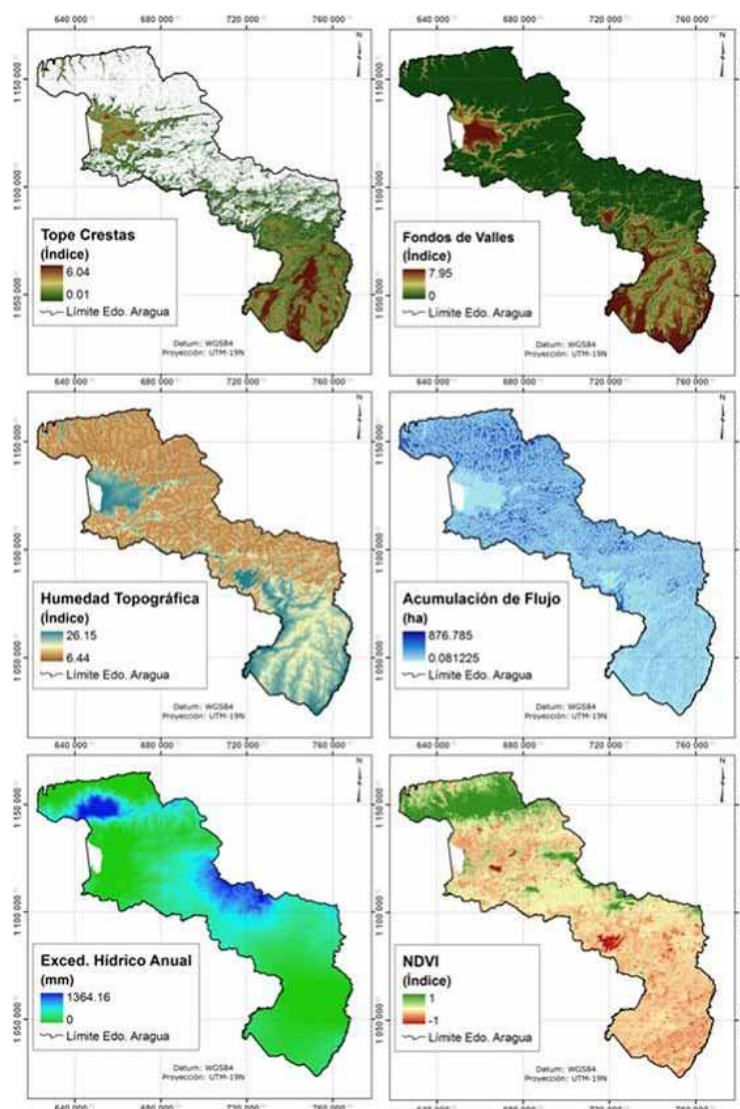


FIGURA 4. Algunas de las variables geomorfométricas empleadas para el ajuste del modelo.

CUADRO 2. Estadísticos de ajuste del modelo de regresión logística definitivo.

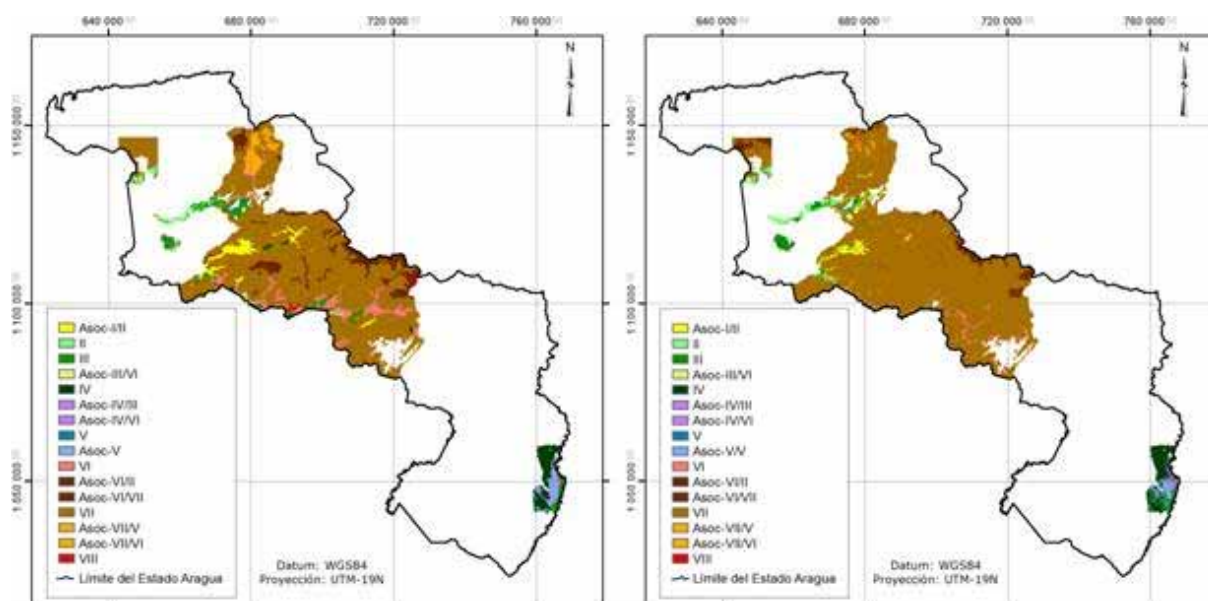
Estadístico		Valor
Ajuste del modelo	$-2LnL_o$ (solo intercepto)	625 991,1796
	$-2LnL_m$ (intercepto+covariables)	327 657,8772
	Chi ²	298 333,3024
	Grados de libertad	304
	Significancia	0,00
	Pseudo R ² (McFadden)	0,4766
Clasificación	Celdas correctas (%)	77,31
	Cramers'V	0,3986

Dicho mapa se muestra en la Figura 5, comparado con el mapa original de Capacidad de Uso, derivado de levantamientos edafológicos convencionales, el cual fue utilizado para el muestreo de la variable dependiente.

De acuerdo al análisis de la razón de *Odds*, calculada sobre los coeficientes del Cuadro 3, las variables más importantes son: Dimensión Fractal (FRACT), Excedente Anual de Humedad (EXC), Índice de Potencia de Flujo (SPI), Índice de Protección Morfométrica (MPI), Almacenamiento Anual de Humedad del Suelo (ALM)

y Elevación (DEM). Las variables Duración de la Radiación (DURAD), Índice de Convergencia (CONV) y Balance Neto (BALNET), tienen muy poca influencia, con valores de *Odd* de 1 o cercanos a 1, para casi todas las categorías. El resto de variables tiene una influencia de intermedia a baja.

Los resultados de la predicción se evaluaron de acuerdo a la metodología propuesta por Pontius (2002, 2000) obteniéndose los índices Kappa de concordancia presentados en el Cuadro 4.

**FIGURA 5.** Mapas de Capacidad de Uso de la Tierra del área de estudio (levantamiento convencional y predicción del modelo).

CUADRO 3. Índices de concordancia derivados de la comparación entre el mapa real de Capacidad de Uso de la Tierra y el mapa predicho por el modelo de regresión.

Índice	Valor
k_{no}	0,7616
$k_{location}$	0,6127
$k_{quantity}$	0,9990
$k_{mandard}$	0,4494

Los resultados del ajuste y validación del modelo (Cuadros 2 y 3) fueron moderados, con un pseudo R^2 de 0,492 (el modelo explica casi el 50% de la variación total de las variables independientes) y una concordancia global (k_{no}) de 0,76. El tamaño del área de estudio (7 213 km²) y su ubicación geográfica determina que no exista homogeneidad litológica ni climática, además de la variabilidad de los otros factores formadores del suelo, lo que explica los valores medios del ajuste del modelo y su capacidad predictiva.

Para evaluar el efecto de la variabilidad regional se ajustó el modelo a nivel local, en tres de las áreas de referencia, ubicadas en tres zonas eco-geográficas diferentes:

serranía del litoral (cuenca del río El Limón), depresión del Lago de Valencia (sector Tocarón) y llanos centrales (sector La Peña).

En el Cuadro 4 se presentan los resultados del ajuste, observándose una mejora significativa del ajuste y de la capacidad predictora en los sectores El Limón y La Peña (Figura 6), pero no así en el sector Tocarón. Los resultados evidencian la influencia en el modelo del factor relieve, del que se derivan la mayor parte de las variables geomorfológicas predictoras. En Tocarón la pendiente es muy baja y la topografía plana, por lo que el factor relieve no destaca en la pedogénesis del suelo. El factor material parental es mucho más importante en este último caso, siendo la naturaleza de los estratos sedimentarios, originados por los depósitos lacustrinos (factor suelo), determinantes en la definición de la Capacidad de Uso de la Tierra.

La aplicación del modelo de regresión sobre todo el territorio del estado Aragua permite obtener mapas para cada clase de Capacidad de Uso, con la distribución de la probabilidad de ocurrencia de cada celda (Ec. 3, Ec. 4 y Cuadro 4). La extracción del valor de mayor probabilidad de ocurrencia de cada celda, entre todos los mapas, permite generar el mapa de predicción dura de la Capacidad de Uso de la Tierra en todo el Estado. Este mapa se presenta en la Figura 7.

El modelo de geoprocésamiento desarrollado se sintetiza en el diagrama UML de la Figura 8.

CUADRO 4. Estadísticos de ajuste y validación del modelo de regresión a escala local.

Índice	Áreas de referencia		
	Cuenca Alta río El Limón	Sector Tocarón	Sector La Peña
Ajuste			
Pseudo R^2	0,7583	0,3498	0,5548
Significancia (p)	0,00	0,00	0,00
Validación			
k_{no}	0,9337	0,6411	0,7249
$k_{location}$	0,8901	0,5827	0,6999
$k_{quantity}$	0,9972	1,0096	1,0437
$k_{standard}$	0,7922	0,4260	0,6247

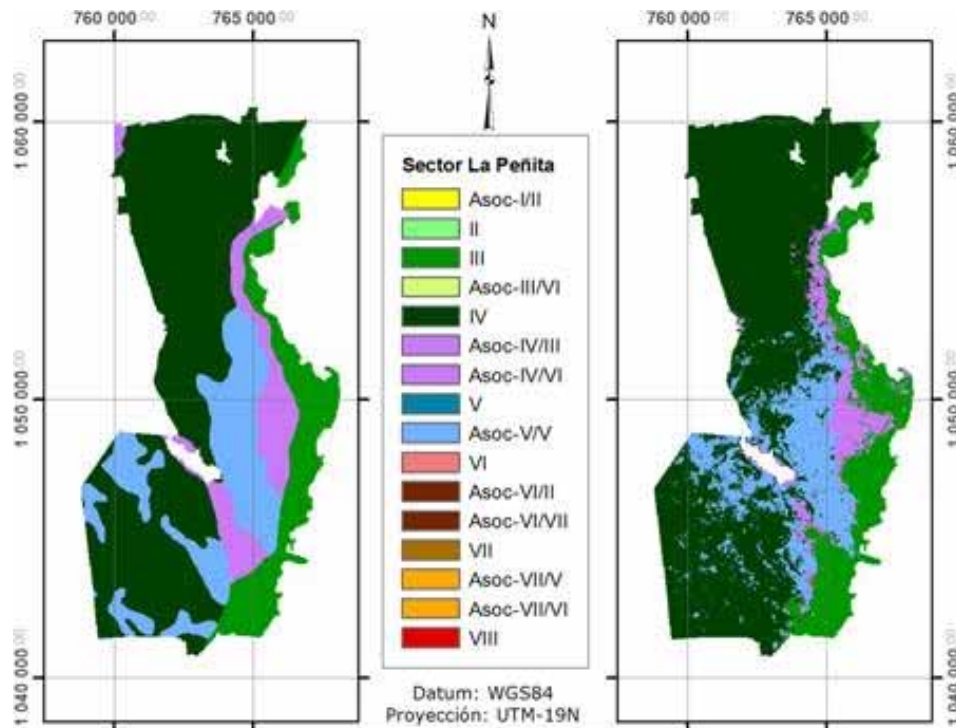


FIGURA 6. Capacidad de Uso de la Tierra del sector La Peña y Predicción del modelo local.

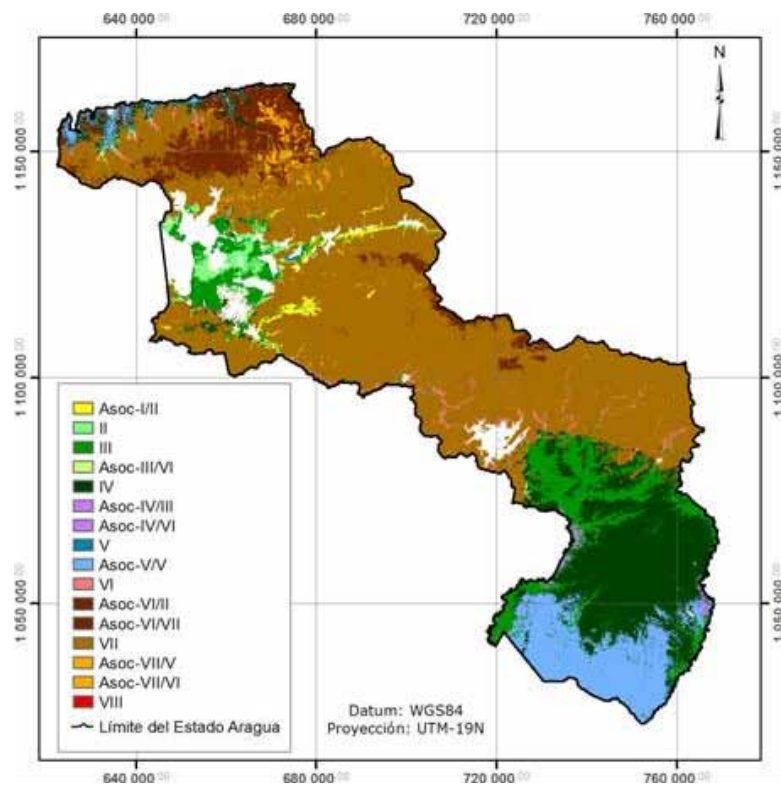


FIGURA 7. Predicción de la Capacidad de Uso de la Tierra con el modelo regional.

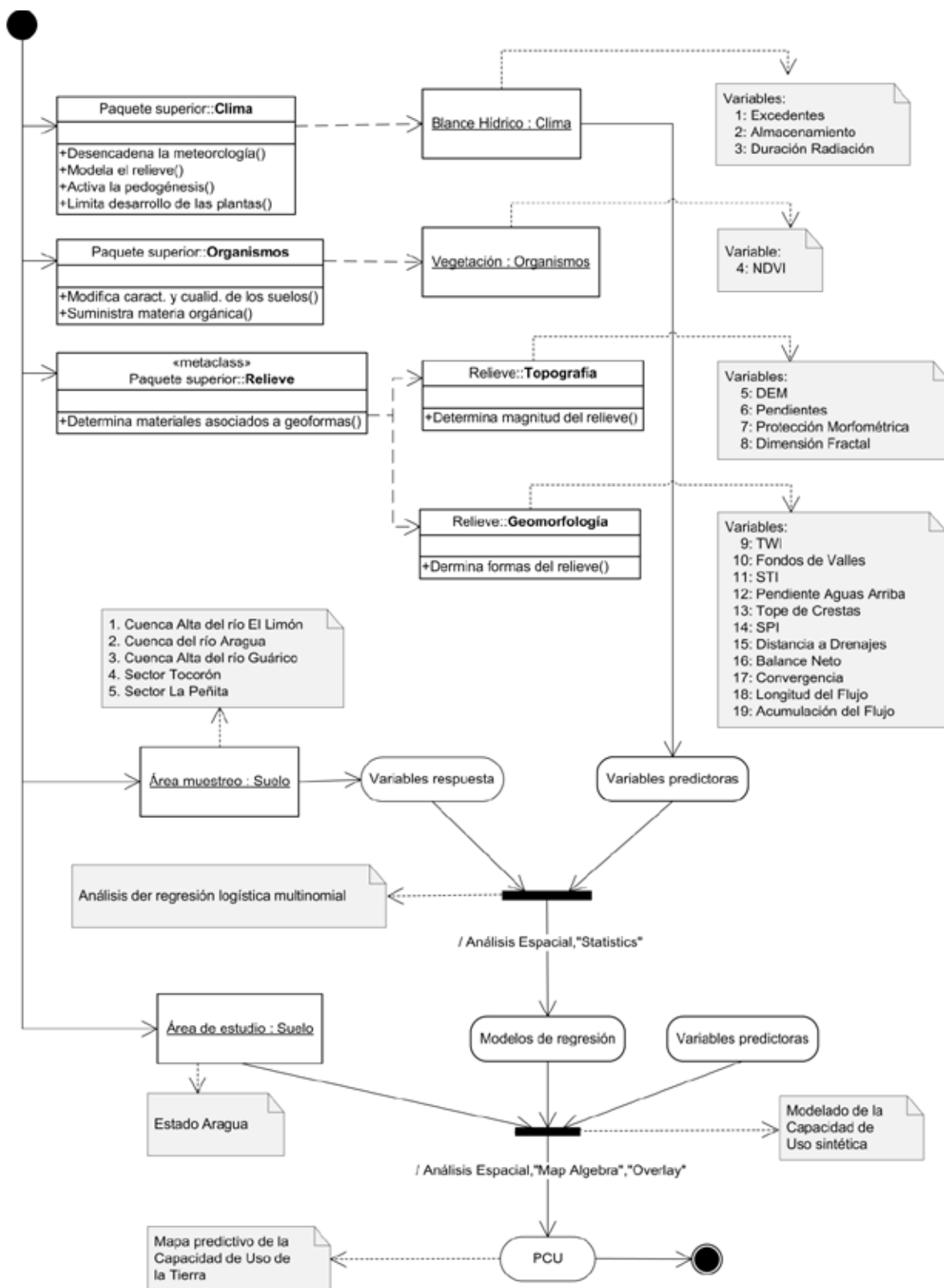


FIGURA 8. Modelo de geoprocesamiento para la predicción de la Capacidad de Uso de la Tierra.

CONCLUSIONES

- La investigación desarrollada permitió diseñar un modelo de geoprocésamiento para la predicción de la Capacidad de Uso de las Tierras en el estado Aragua, Venezuela, a partir de 20 variables geomorfológicas derivadas del MDE y de estudios de suelo existentes en sectores específicos utilizados como referencia, mediante el ajuste de un modelo de regresión logística multinominal.
- La metodología formulada condujo a la identificación y caracterización de un conjunto global de variables geomorfológicas, vinculadas con el proceso pedogenético del suelo, las cuales pueden ser evaluadas y aplicadas para ajustar modelos estadísticos que puedan predecir la Capacidad de Uso de las Tierras.
- El modelo ajustado no es extrapolable a otras regiones, dado que se probó su validez solo para las características específicas del área de estudio, pero se puede emplear la metodología para determinar el conjunto adecuado de variables geomorfológicas con el que se obtenga el mejor ajuste y validez del modelo en otras regiones de diferentes condiciones agroecológicas.
- La escala de aplicación del modelo ajustado está en función de la escala de la información de referencia utilizada para el muestreo de la variable dependiente y de la resolución del MDE empleado para derivar las variables independientes, que para el área de estudio determina una utilidad en planificación regional y valoración tributaria con escalas entre 1:100 000 y 1:250 000.
- La clasificación realizada también puede ser de utilidad para el pre-mapeo de unidades cartográficas en las cuales se realice el muestreo de estudios de suelo con menos subjetividad que en los procedimientos basados en juicios de expertos.

BIBLIOGRAFÍA

Abarca, O. 1998. Metodología para la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la planificación del desarrollo físico agrícola. Estudio de caso: Plan de desarrollo físico-agrícola del área de influencia de la laguna La Caicara, municipio Autónomo Urdaneta, sur del estado Aragua, Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 96 p.

Abarca, O. y M. Bernabé. 2008a. Desarrollo metodológico para la simulación hidrológica de caudales de estiaje con el SIG SEXTANTE. Mapping Interactivo, Nov/Dic (130) [en línea]. [Citado el 10/03/2009]. Disponible en: <http://www.mapp.inginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1534>.

Abarca, O. y S. Ormeño. 2009. Evaluación de un método de corrección de los efectos topográficos sobre imágenes Landsat ETM+ en zonas montañosas tropicales. Mapping, 137, 30-40 pp.

Abreu, X. 2000. Caracterización pedogeomorfológica y de los tipos de utilización de la tierra relevantes en la Cuenca Alta del Río Guárico, Sector Sur de Aragua. Maracay, Venezuela: Fundacite Aragua. 114 p.

Bathgate, J. and L. Duran. 2003. A geographical information systems based landscape classification model to enhance soil survey: A southern Illinois case study. Journal of Soil and Water Conservation, 58(3):119-127.

Beven, K. and M. Kirkby. 1979. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. Hydrological Sciences Bulletin. 24(1):43-69.

Biasino, J. 1983. Sur de Aragua. Mapa de suelos (1:100 000). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables-MARNR. Programa Inventario Nacional de Tierras. Caracas: DGIIA.

Biasino, J., G. López, A. Peñalosa y J. Berroterán. 1990. Inventario Nacional de Tierras. Guárico Central y Sur de Aragua. Tomo II. Municipio Urdaneta y Camatagua. 535 p.

Boettinger, J., R. Ramsey, J. Bodily, N. Cole, N. Kienast-Brown, S. Nield, A. Saunders and A. Stum. 2008. Landsat spectral data for digital soil mapping. In: A. Hartemink, A. McBratney y M. Mendoça-Santos (Eds.). Digital Soil Mapping with Limited Data. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 193-202 pp.

Böhner, J. and O. Antonić. 2009. Land-Surface parameters specific to topo-climatology. In: T. Hengl y H. Reuter (Eds.), Geomorphometry. Concepts, Software, Applications. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 195-213 pp.

Brenning, A. and D. Trombotto. 2006. Logistic regression modeling of rock and glacier distribution: Topo-

- graphic and climatic controls in the semi-arid Andes. *Geomorphology*, 81, 141-154 pp.
- Burrough, P. and R. McDonnell. 2005. *Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics*. Oxford: Oxford University Press. 333 p.
- Campling, P., A. Gobin and J. Feyen. 2002. Logistic Modeling to Spatially Predict the Probability of Soil Drainage Classes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1390-401 pp.
- Carvalho, W., E. Fernandes, C. Vieira, C. Schaefer and C. Chagas. 2008. Geomorphometric attributes applied to soil-landscapes supervised classification of mountainous tropical areas in Brazil: a case study. **In:** A. Hartemink, A. McBratney y M. Mendoça-Santos (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 357-365 pp.
- CEAEA. 2005. Programa de Cooperación para la recolección de la información que requiere la implementación del Decreto N° 578 de la Gobernación del Estado Aragua para el registro de tierras establecido en la Ley de Tierras y su reglamento. Comisión Especial Agraria del Estado Aragua. Informe final. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Cimmery, V. 2007. User Guide for SAGA (version 2.0) [en línea]. [Citado el 11/02/2009]. Disponible en: <<http://www.saga-gis.org/en/index.html>>.
- Comerma, J. y L. Arias. 1971. Un sistema para evaluar las capacidades de uso agropecuario de los terrenos en Venezuela. Maracay: Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. 57 p.
- Debella-Gilo, M., B. Etzelmuller and O. Klakegg. 2007. Digital soil mapping using Digital Terrain analysis and statistical modelling integrated into GIS: Examples from Vestfold County of Norway. *Scan-GIS'2007 - Proceedings of the 11th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Sciences*. Ås-Noruega: University of Life Sciences. 237-253 pp.
- Dobos, E. and T. Hengl. 2009. Soil mapping applications. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 461-479 pp.
- Drăgut, L. and T. Blaschke. 2006. Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81, 330-344 pp.
- Eastman, R. 2006. *Idrisi Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Worcester, Ma: Clark University. 327 p.
- Emeis, S. and H. Knoche. 2009. Applications in Meteorology. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 603-622 pp.
- Evans, I., T. Hengl and P. Gorsevski. 2009. Applications in Geomorphology. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 497-525 pp.
- Freeman, T. 1991. Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. *Computer and Geosciences*, 17(3):413-422.
- Gallant, J. and T. Dowling. 2003). A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. *Water Resources Research*, 39(12):1.347-1.360.
- Giasson, E., S. Figueiredo, C. Tornquist and R. Clarke. 2008. Digital soil mapping using logistic regression on terrain parameters for several ecological regions in Southern Brazil. **In:** A. Hartemink, A. McBratney y M. Mendoça-Santos (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 225-232 pp.
- Gurdak, J. 2006. Using logistic regression to assess regional ground-water vulnerability: High Plains Aquifer. 5th National Water-Quality Monitoring Council Meeting, May-7-11, San Jose, CA.
- Hengl, T. and I. Evans. 2009. Mathematical and Digital Models of the Land Surface. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 31-63 pp.
- Hengl, T. and R. MacMillan. 2009. Geomorphometry - A key to Landscape Mapping and Modelling. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 433-460 pp.
- Hengl, T. and D. Rossiter. 2003. Supervised landform classification to enhance and replace photo-inter-

- pretation in semi-detailed soil survey. *Soil Science Society of America Journal*, 67(6):1 810-1 822.
- Holdridge, L. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Tr. Humberto Jiménez Saa: *Ecología Basada en Zonas de Vida*, 1a. Ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982.
- Jácome, A., G. Aguerrevere y M. López. 2001a. *Sistema de Información Ambiental Cuenca Alta del Río Guárico. Informe final*. Maracay-Venezuela: Fundacite Aragua. 110 p.
- Jácome, A., J. Vilorio y G. Elizalde. 2001b. Separabilidad de unidades pedogeomorfológicas en un sector del sur del estado Aragua, por medio de análisis digital de imágenes de satélite y un modelo digital de terreno. *Agronomía Trop.* 51(1):49-63.
- Jaimes, E. 1985. Análisis de las relaciones Geomorfología-Suelo en las Cuencas altas de los Ríos Aragua y Petaquire, Serranía del Litoral Central, Cordillera de la Costa. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 300 p.
- Jelaska, S. 2009. Vegetation Mapping Applications. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 481-496 pp.
- Jenness, J. 2007. Some thoughts on analyzing topographic habitat characteristics [en línea]. [Citado el 15/11/2009]. Disponible en: <http://www.jennessent.com/downloads/topographic_analysis_online.pdf>.
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soils Formation*. New York: McGraw-Hill. 288 p.
- Klingebiel, A. and P. Montgomery. 1961. Land capability classification. Washington: Soil Conservation Service, USDA. 21 p.
- Köthe, R., E. Gehrt and J. Böhner. 1996. Automatische Reliefanalyse für geowissenschaftliche Anwendungen - derzeitiger Stand und Weiterentwicklung des Programms SARA. *Arbeitshefte Geologie*, 1, 31-37 pp.
- Lagacherie, P. 2008. Digital Soil Mapping: A state of the Art. **In:** A. Hartemink, A. McBratney y M. Mendonça-Santos (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 3-14 pp.
- Lagacherie, P. and M. Voltz. 2000. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional probability approach. *Geoderma*, 97(3-4):187-208.
- Machado, D., M. Puche, J. Vilorio, M. Parra y M. Primera. 2007. Geoespacialización de información climática mediante la utilización de sistemas de Información Geográfica. Caso Cuenca Alta del río Guárico. II Jornadas Nacionales de Geomática, 03 al 05 de Octubre de 2007. Caracas. 16 p.
- MacMillan, R., A. Torregrosa, D. Moon, R. Coupé and N. Philips. 2009. Automated Predictive Mapping of Ecological Entities. **In:** T. Hengl y H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 551-578 pp.
- McBratney, A., S. Mendonça and B. Minasny. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117, 3-52 pp.
- McKenzie, N. and P. Ryan. 1999. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. *Geoderma*, 89, 67-94 pp.
- Mendonça-Santos, H., R. Dart and J. Pares. 2008. Digital Mapping of Soil Classes in Rio de Janeiro State, Brazil: Data, Modelling and Prediction. **In:** A. Hartemink, A. McBratney y M. Mendonça-Santos (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 381-396 pp.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB). 2008. Datos meteorológicos mensuales. Ministerio del Ambiente. Caracas: Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología.
- Mitasova, H. and L. Mitas. 2001. Multiscale soil erosion simulations for land use management. **In:** R. Harmon and W. Doe (Eds.), *Landscape Erosion and Evolution Modeling*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 321-347 pp.
- Moore, I., P. Gessler, G. Nielsen and G. Peterson. 1993. Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 57(2):443-452.

- National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2009. Shuttle Radar Topography Mission [en línea]. [Citado el 20/01/2009]. Disponible en: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>.
- O'Callaghan, J. and D. Mark. 1984. The Extraction of Drainage networks from Digital Elevation Data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 28, 323-344 pp.
- Ohlmacher, G. and J. Davis. 2003. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA. *Engineering Geology*, 69, 332-343 pp.
- Olaya, V. 2006. Fundamentos de Análisis Geográfico con SEXTANTE [en línea]. [Citado el 0/05/2007]. Disponible en: <<http://campusvirtual.unex.es/cala/cala/course/view.php?id=146>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Roma: Boletín de Suelos Nº 32.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1983. Directivas: Evaluación de Tierras para la Agricultura en Secano. Roma: Boletín de Suelos Nº 52.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1985. Directivas: Evaluación de Tierras para la Agricultura de Regadío. Roma: Boletín de Suelos Nº 55.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1990. Directivas: Evaluación de Tierras para Usos Forestales. Roma: Boletín de Montes Nº 48.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1991. Guidelines: land evaluation for extensive grazing. Roma: Soils Bulletin Nº 58.
- Peckham, S. 2009. Geomorphometry and Spatial Hydrologic Modelling. In: T. Hengl and H. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam-Oxford: Elsevier. 579-602 pp.
- Penizek V. and L. Boruvka. 2008. The Digital Terrain Model as a tool for improved delineation of alluvial soils. In: A. Hartemink, A. McBratney and M. Mendoça-Santos (Eds.), *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 319-326 pp.
- Pineda, C., D. Machado y E. Casanova. 2006. Evaluación física de tierras de la cuenca alta del Río Guárico con fines de producción sustentable de agua. *Agronomía Trop.* 56(3):385-414.
- Pontius, G. 2000. Quantification Error Versus Location Error in Comparison of Categorical Maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 66(8):1 011-1 016.
- Pontius, G. 2002. Statistical Methods to Partition Effects of Quantity and Location During Comparison of Categorical Maps at Multiple Resolutions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(10):1 041-1 049.
- Quinn, P., K. Beven, P. Chevallier and O. Planchon. 1991. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models. *Hydrological Processes*, 5, 59-79 pp.
- Rey, J. 2007. Levantamiento de suelos. Guía de Clases. Departamento de Edafología. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 10 p.
- Rossiter, D. 2005. Digital Soil Mapping: towards a multiple-use Soil Information System. *Semana de la geomática*. Bogotá: IGAC. 13 p.
- Sánchez, P., W. Couto and W. Buol. 1982. The fertility capability soil classification system: Interpretation, applicability and modification. *Geoderma*, 27(4):283-309.
- Schneider, K. and P. Robbins. (Eds.) 2001. *GIS and Mountain Environments*. UNITAR/GRID Volume 5. Worcester, Ma: Clark Labs, Clark University. 125 p.
- Scull, P., J. Franklin, O. Chadwick and D. McArthur. 2003. Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography*, 27(2):171-197.
- Sistema de Información Ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico (SIACARG). 2005. MARN-UCV [Programa informático]. [Consultado el 19/01/2005]. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología.

- Sistema de Información Ambiental de la Cuenca del Río Aragua (SIACRA). 2005. MARN-UCV [Programa informático]. [Consultado el 19/01/2005]. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología.
- Sistema de Información de Suelos de la Depresión del Lago de Valencia (SISDELAV). 2005. MARN-UCV-Fundación Polar. [Programa informático]. [Consultado el 19/01/2005]. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología.
- Strebin, S. y J. Pérez. 1974. Capacidad de uso de las tierras del estado Aragua. Caracas: Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Recursos Hidráulicos. 44 p.
- Suet, C. and Y. Lam. 2004. Comparison of flow routing algorithms used in Geographic Information Systems. University of Southern California, Faculty of the Graduate School. 97 p.
- United States Department of the Interior (USDI). 1971. Manual de clasificación de tierras con fines de riego. 2da Ed. A. Estrada (Trad.) Caracas: MOP-División de Edafología. 85 p.
- University of Maryland. 2008. Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility [en línea]. [Citado el 23/02/2009]. Disponible en: <<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>.
- Valladares, G. and M. Hott. 2008. The use of GIS and Digital Elevation Model in Digital Soil Mapping - A case study from Sao Paulo, Brazil. **In:** A. Hartemink, A. McBratney and M. Mendoça-Santos (Eds.), Digital Soil Mapping with Limited Data. Wageningen-Sydney-Río de Janeiro: Springer. 349-356 pp.
- Ventura, S. and B. Irvin. 2000. Automate landform classification methods for soil-landscape studies. **In:** J. Wilson and J. Gallant (Eds.), Terrain Analysis. New York: Wiley and Sons. 267-294 pp.
- Viloria, J. 2008. Inventario expedito de tierras en parcelas rurales con escasa información de suelos. Guía de Clases. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. 11 p.
- Viloria, J., C. Estrada y J. Rey. 1998. SISDELAV: Sistema de información de suelos de la Depresión del Lago de Valencia. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Venezuela. 6 (1-2).
- Wischmeier, W. and D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. Agriculture Handbook N° 537. Washington DC: US Department of Agriculture.
- Zevenbergen, L. and C. Thorne. 1987. Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Processes and Landforms, 12, 47-56 pp.

ÍNDICE DE AUTORES

ABARCA, O.
60(1):5-22
60(4):397-413

ACEVEDO, E.
60(1):49-54

ACEVEDO, I.
60(1):85-90

ACEVEDO, M.
60(2):131-138

AGUIAR DA COSTA, P. L.
60(4):341-354

AGUILAR-RIVERA, N.
60(2):139-154

ALLEN, P. S.
60(1):23-33

ÁLVAREZ, R.
60(2):131-138

ARAQUE, H.
60(2):119-130

ARIAS, K.
60(1):75-84

ARNAUDE, O.
60(2):171-175

ARNAUDE de CHACÓN, O.
60(1):75-84

ASTUDILLO, D.
60(1):61-73
60(4):363-367

ÁVILA MELEÁN, J.
60(3):295-304

BENÍTEZ, R.
60(1):55-60

BERNABÉ P. M. A.
60(1):5-22
60(4):397-413

BETANCOURT, M.
60(3):263-270

BORGES, J. A.
60(2):155-160

BRACHO, B.
60(2):171-175

BROSSARD FABRÉ, M.
60(4):355-361

BRUNETTO, M. DEL R.
60(2):211-219

BUESO C., M. L.
60(1):23-33

CABAÑAS, W.
60(3):283-286
60(4):375-380

CABRERA de BISBAL, E.
60(2):161-170; 177-191

CASARI PARREIRA, M.
60(1):55-60

CASTRILLO, W.
60(2):131-138

CERMELI, M.
60(3):283-286

CONTRERAS SERVÍN, C.
60(2):139-154

CORONEL, E. G.
60(1):23-33

DAIUTO, B.
60(3):231-240

DE LA NOVAL, R.
60(4):381-387

DE PAULA QUEJEDA, W.
60(3):295-304

AGRONOMÍA TROPICAL Volumen 60

ÍNDICE ACUMULATIVO

ÍNDICE DE AUTORES

ABARCA, O.
60(1):5-22
60(4):397-413

ACEVEDO, E.
60(1):49-54

ACEVEDO, I.
60(1):85-90

ACEVEDO, M.
60(2):131-138

AGUIAR DA COSTA, P. L.
60(4):341-354

AGUILAR-RIVERA, N.
60(2):139-154

ALLEN, P. S.
60(1):23-33

ÁLVAREZ, R.
60(2):131-138

ARAQUE, H.
60(2):119-130

ARIAS, K.
60(1):75-84

ARNAUDE, O.
60(2):171-175

ARNAUDE de CHACÓN, O.
60(1):75-84

ASTUDILLO, D.
60(1):61-73
60(4):363-367

ÁVILA MELEÁN, J.
60(3):295-304

BENÍTEZ, R.
60(1):55-60

BERNABÉ P., M. A.
60(1):5-22
60(4):397-413

BETANCOURT, M.
60(3):263-270

BORGES, J. A.
60(2):155-160

BRACHO, B.,
60(2):171-175

BROSSARD FABRÉ, M.
60(4):355-361

BRUNETTO, M. DEL R.
60(2):211-219

BUESO C., M. L.
60(1):23-33

CABAÑAS, W.
60(3):283-286
60(4):375-380

CABRERA de BISBAL, E.
60(2):161-170; 177-191

CARVAJAL, N.
60(1):55-60

CASARI PARREIRA, M.
60(4):341-354

CASTRILLO, W.
60(2):131-138

CERMELI, M.
60(3):283-286

CONTRERAS SERVÍN, C.
60(2):139-154

CORONEL, E. G.
60(1):23-33

DAIUTO, E.
60(3):231-240

DE LA NOVAL, B.
60(4):381-387

DE PAULA QUEIROGA, V.
60(3):295-304

DE SOUZA JUNIOR, N. L.
60(4):341-354

DELGADO, R.
60(2):161-170; 177-191

DELGADO, Y.
60(2):211-219

ELGUEZABAL MÉNDEZ, M. A.
60(1):55-60

ESCALONA, A.
60(1):85-90

ESCALONA, E.
60(3):283-286
60(4):375-380

ESPAÑA, M.
60(4):315-331

ESPINO DOMÍNGUEZ, M.
60(4):363-367

EVANGELISTA, R.
60(3):231-240

FERNÁNDEZ, H.
60(3):263-270

FERREIRA JERÔNIMO, J.
60(3):295-304

FERRER, J.
60(3):241-253

FLORENTINO, A.
60(3):241-253

FLORES, B.
60(3):241-253

FONSECA, O.
60(3):283-286
60(4):375-380

FORTANELLI MARTÍNEZ, J.
60(2):139-154

FUENTES, L.
60(1):43-48

GALINDO MENDOZA, G.
60(2):139-154

GÁMEZ, F.
60(2):177-191

GARCÍA R., J. L.
60(1):91-97

GÓMEZ, Á.
60(2):211-219
60(4):389-396

GONZÁLEZ, L.
60(1):49-54

GRAZIANI de FARIÑA, L.
60(4):333-339

GUTIÉRREZ, L.
60(2):211-219

HORROCKS, R. D.
60(1):23-33

HUNSAKER-ALCÂNTARA, H. M.
60(1):23-33

JIMÉNEZ, F.
60(1):85-90

JOLLEY, V. D.
60(1):23-33

JREIGE, M. E.
60(1):55-60

LACRUZ, C.
60(2):211-219
60(4):389-396

LIENDO, R.
60(3):255-261

LOBO L., D.
60(2):119-130

LÓPEZ, M.
60(4):315-331; 355-361

LOZADA, B.
60(2):171-175

MAGAÑA-LEMUS, S.
60(1):35-42
60(2):203-209

MARÍN, C.
60(2):131-138

MARTÍNEZ VIERA, R.
60(4):355-361

MATA, J.
60(2):193-202

MÁXIMO, G.
60(2):211-219

MAZA, A.
60(3):241-253

MICO R., J. DELL'.
60(4):381-387

MONTILLA, R.
60(1):91-97

MORAES de, M.
60(3):231-240

MORALES, P.
60(4):369-373

MORALES V., P.
60(3):283-286

MORENO, O.
60(2):131-138

MOYA, E.
60(1):55-60

MUJICA P., Y.
60(4):381-387

NAVARRO, L.
60(2):161-170; 177-191

NAVARRO, R.
60(3):255-261

NIÑO, L.
60(1):49-54

NOGUERA, Y.
60(3):283-286
60(4):369-373

NOLLEMEYER, E.
60(3):287-293

NOTZ, A.
60(1):61-73
60(3):271-281

OCHOA, A.
60(1):35-42
60(2):203-209

ORTIZ de BERTORELLI, L.
60(4):333-339

PAREDES, M.
60(2):161-170

PIÑA-DUMOULÍN, G.
60(1):35-42
60(2):203-209

POLEO, C. J.
60(1):43-48

PRIETO, L.
60(1):49-54

PUCCINELLI, C. E.
60(4):363-367

PULIDO M., M. A.
60(2):119-130

QUIROZ, J.
60(1):35-42

RAMÍREZ, A.
60(4):333-339

RAMÍREZ, M.
60(4):333-339

RAMOS, F.
60(3):283-286
60(4):375-380

RAMOS, G.
60(2):211-219
60(4):389-396

REINAUDI, N.
60(3):287-293

REPOLLO, R.
60(3):287-293

REY B., J. C.
60(2):119-130

REYES, E.
60(2):131-138

RIVAS, E.
60(4):389-396

RIVERO, C.
60(2):119-130

RODRÍGUEZ, M. A.
60(2):119-130

RODRÍGUEZ, B.
60(4):315-331

ROMERO, C.
60(2):211-219
60(4):389-396

ROSALES, C.
60(3):283-286
60(4):375-380

SALAS, B.
60(3):283-286
60(4):375-380

SALAZAR, E.
60(3):263-270

SÁNCHEZ, T.
60(3):287-293

SANDOVAL, E.
60(3):283-286.
60(4):375-380

SANTANA M., G. F.
60(2):193-202

SOTO, E.
60(3):263-270

SUÁREZ, F.
60(1):49-54

TORO, M.
60(4):355-361

TORRES, O.
60(2):131-138

TORRES†, E.
60(2):131-138

TROIANI de, R.
60(3):287-293

TRUJILLO, A.
60(4):333-339

URDANETA, J.
60(2):155-160

VALERA, A.
60(3):241-253

VELÁSQUEZ S., R.
60(2):193-202

VIEITES, R.
60(3):231-240

VIVAS, L.
60(1):43-48

VIVAS C., L. E.
60(1):61-73
60(3):271-281
60(4):363-367

WEBB, B. L.
60(1):23-33

ZAMBRANO, A.
60(2):211-219
60(4):389-396

ÍNDICE DE TÍTULO

Acumulación de S, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn y relación con la materia seca en frijol cultivado bajo labranza mínima y convencional en un Mollisol de Venezuela.
60(2):161-170

Plantas daninhas na cultura do amendoim em função do espaçamento e densidade de plantas.
60(4):341-354

Alternativas al método de extracción Mehlich-I para estimar la necesidad de P en suelos guatemaltecos.
60(1):23-33

Análisis RAPD entre y dentro de poblaciones derivadas de girasol silvestre x cultivado.
60(3):263-270

Áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la microcuenca Callecitas, estado Guárico.
60(3):241-253

Capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de cepas nativas de agroecosistemas venezolanos.
60(4):355-361

Características físicas y químicas de la grasa de la semilla de frutopán.
60(4):333-339

Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao Criollo, Trinitario y Forastero durante el proceso de secado.
60(4):389-396

Caracterización físico-química de frutas frescas de cultivos no tradicionales en Venezuela. II. La Pitanga.
60(2):203-209

Caracterización físico-química de frutas frescas de cultivos no tradicionales en Venezuela. I. La yaca.
60(1):35-42

Caracterización reproductiva de una población de *Zygodontomys brevicauda* (Rodentia: Cricetidae) capturada en siembras de arroz del estado Guárico, Venezuela.
60(1):43-48

Cargas microbianas en productos del merey elaborados en el valle del río Tacal, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.
60(1):55-60

Compost de champiñonera y vermicompost como sustratos para el desarrollo de plántulas de pimentón.
60(1):75-84

Determinación del umbral y nivel de daño económico del chinche vaneadora del arroz sobre la variedad Cimarrón en Calabozo, estado Guárico, Venezuela.
60(3):271-281

Efecto de *Fusarium* sp. en la germinación, fenología y supervivencia de plántulas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.
60(2):155-160

Efecto de la fuente de carbono sobre la organogénesis y embriogénesis somática en cacao. Análisis citogenético.
60(2):193-202

Efecto del pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre propiedades del suelo.
60(2):119-130

Efecto del tipo de labranza sobre el suministro del agua y el crecimiento del frijol Tuy en un suelo Mollisol de Venezuela.
60(2):177-191

Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos Lin-Binns y AMMI.
60(2):131-138

Estimación de la Capacidad de Uso de las Tierras en el estado Aragua, Venezuela, mediante regresión logística multinominal.
60(4):397-413

Evaluación del ciclo de vida de psílido asiático de los cítricos en cinco plantas hospederas.
60(3):283-286

Evaluación química de precursores de aroma y sabor de cacao Criollo Merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas.
60(2):211-219

Evangelista. Qualidade pós-colheita dos frutos de jabuticaba tratada por hidrotermia.
60(3):231-240

Experiência sobre a produção de algodão de fibra colorida por duas cooperativas do Estado da Paraíba, Brasil.
60(3):295-304

Fenología de cultivares locales de frijol y arveja del municipio Rafael Urdaneta, estado Táchira, Venezuela, basada en grados día.
60(2):171-175

Fluctuación poblacional de Scolytidae (Insecta: Coleoptera) en cacao del estado Aragua, Venezuela.
60(3):255-261

Fluctuación poblacional del chinche *Oebalus insularis* (Stal) en Calabozo estado Guárico, Venezuela. 60(1):61-73

Hymenopteros parasitoides de insectos asociados a las plantaciones de cacao, en la región costera del estado Aragua, Venezuela.
60(1):91-97

Plantas hospederas de chinche vaneadora en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela.
60(4):369-373

Producción de tubérculos semillas a partir de progenies de semilla sexual de papa en Pueblo Llano, estado Mérida.
60(1):49-54

Proyección de la demanda de tierras agrícolas en Venezuela, a partir del análisis de las necesidades alimentarias al año 2020.
60(1):5-22

Respuesta del amaranto a dos distancias de siembra y a densidades de población.
60(3):287-293

Respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de dos inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares por vías diferentes de inoculación.
60(4):381-387

Selección de líneas promisorias de tabaco Virginia en Cuba con resistencia al moho azul y pata prieta para las condiciones de Brasil.
60(4):363-367

Sobrevivencia larval de *Spodoptera frugiperda* Smith sobre dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio.
60(4):375-380

Tecnologías generadas por el INIA para contribuir al manejo integral de la fertilidad de los suelos venezolanos.
60(4):315-331

Zonificación productiva cañera en Huasteca Potosina, México.
60(2):139-154

ÍNDICE DE MATERIA

2,4-D

- * Auxina
 - ** Sustancia de crecimiento vegetal
 - *** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Abonos NPK

- * Aplicación de abonos
 - ** *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Abonos orgánicos

- * *Azotobacter* sp. 60(4):355-361
- * Estiércol
 - ** *Solanum tuberosum*. 60(2):75-84
- * INIA. 60(4):315-331

Absorción de agua

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):177-191

Ácido ascórbico

- * Frutas
 - ** *Eugenia uniflora*. 60(2):203-209

Ácidos grasos insaturados

- * *Artocarpus camansi*. 60(4):333-339

Ácidos grasos saturados

- * *Artocarpus camansi*. 60(4):333-339

Algodón, véase *Gossypium hirsutum*

Almendra

- * *Theobroma cacao*
 - ** Experimentación en laboratorio. 60(4):389-396
 - ** Fermentación. 60(4):389-396
 - ** Propiedades físico-químicas. 60(4):389-396

Amalia

- * *Solanum lycopersicum*
 - ** Variedades. 60(4):381-387

Amaranthus cruentus

- * Argentina. 60(3):287-293
- * Cosecha. 60(3):287-293
- * Espaciamiento. 60(3):287-293
- * Índice de cosecha. 60(3):287-293
- * Maduración. 60(3):287-293
- * Variedades
 - ** Don Guiem (Gen 6). 60(3):287-293

Amaranthus hypochondriacus

- * Argentina. 60(3):287-293

- * Cosecha. 60(3):287-293
- * Espaciamiento. 60(3):287-293
- * Índice de cosecha. 60(3):287-293
- * Maduración. 60(3):287-293
- * Variedades
 - ** FK 280-FH1 (Gen 12). 60(3):287-293
 - ** Tarasca (Gen 9). 60(3):287-293

Amaranto, véase *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*

Anacardium occidentale

- * Bacteria
 - ** Flora microbiana. 60(1):55-60
- * Levadura. 60(1):55-60
 - ** Moho. 60(1):55-60
- * Sucre. 60(1):55-60

Análisis de suelos

- * Guatemala. 60(1):23-33
- * INIA. 60(4):315-331
- * *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Análisis de tejido

- * Guatemala. 60(1):23-33

Análisis estadístico

- * Aragua. 60(4):397-413

Análisis organoléptico

- * Frutas
 - ** *Eugenia uniflora*. 60(1):203-209

Anatomía de la planta

- * *Phaseolus vulgaris*. 60(2):171-175
- * *Pisum sativum*. 60(2):171-175

Androgénesis

- * *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Aplicación de abonos

- * Abonos NPK
 - ** *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84
- * Aplicación foliar
 - ** *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54

Aplicación foliar

- * Aplicación de abonos
 - ** *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54

Arachis hypogaea

- * Brasil. 60(4):341-354
- * Ecología vegetal. 60(4):341-354
- * Espaciamento. 60(4):341-354
- * Malezas. 60(4):341-354
- * Rendimiento de cultivos. 60(4):341-354
- * Variedades
 - ** Runner IAC 886. 60(4):341-354

Aragua

- * Análisis estadístico. 60(4):397-413
- * *Artocarpus camansi*. 60(4):333-339
- * Cerdo. 60(2):119-130
- * *Diaphorina citri*. 60(3):283-286
- * *Eugenia uniflora*. 60(2):203-209
- * Geomorfología. 60(4):397-413
- * Modelos de simulación. 60(4):397-413
- * *Theobroma cacao*. 60(1):91-97
60(3):255-261
- * Utilización de la tierra. 60(4):397-413
- * *Vigna unguiculata*. 60(2):161-170; 177-191
- * Vocación de la tierra. 60(4):397-413

Argentina

- * *Amaranthus cruentus*. 60(3):287-293
- * *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293

Aroma

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Arroz, véase *Oryza sativa*

Arroz de riego, véase *Oryza sativa*

Artocarpus camansi

- * Ácidos grasos insaturados. 60(4):333-339
- * Ácidos grasos saturados. 60(4):333-339
- * Aragua. 60(4):333-339
- * Contenido de humedad. 60(4):333-339
- * Propiedades físico-químicas. 60(4):333-339

Artocarpus heterophyllus

- * Calidad proteica. 60(1):35-42
- * Frutas secas. 60(1):35-42
- * Maduración. 60(1):35-42
- * Propiedades físico-químicas. 60(1):35-42
- * Propiedades organolépticas. 60(1):35-42
- * Venezuela. 60(1):35-42

Arveja, véase *Pisum sativum*

Arveja amarilla

- * *Pisum sativa*
 - ** Variedades. 60(2):171-175

Arveja pequinegra

- * *Pisum sativum*
 - ** Variedades. 60(2):171-175

Arveja verde

- * *Pisum sativum*
 - ** Variedades. 60(2):171-175

Aserrín de coco

- * Substrato de cultivo
 - ** *Capsicum annum*. 60(1):85-90

Asistencia técnica

- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Auxina

- * 2,4-D
 - ** Sustancia de crecimiento vegetal
 - *** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Avances tecnológicos, véase Cambio tecnológico

Azahar de la India, véase *Murraya paniculata*

Azotobacter sp.

- * Abonos orgánicos. 60(4):355-361
- * Bacteria fijadora del nitrógeno. 60(4):355-361
- * Fijación del nitrógeno. 60(4):355-361
- * Venezuela. 60(4):355-361

Bacteria

- * Flora bacteriana
 - ** *Anacardium occidentale*. 60(1):55-60
 - ** Mazapán de merey. 60(1):55-60
 - ** Merey pasao. 60(1):55-60

Bacteria fijadora del nitrógeno

- * *Azotobacter* sp. 60(4):355-361

Barinas

- * *Oryza sativa*. 60(2):131-138

Biofertilizantes, véase Abonos orgánicos

Brasil

- * *Arachis hypogaea*. 60(4):341-354
- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304
- * *Myrciaria jaboticaba*. 60(3):231-240

BRS 200 Marrón

- * *Gossypium hirsutum*
 - ** Variedades. 60(3):295-304

Cacao, véase *Theobroma cacao*

Cafeína

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Calidad proteica

- * *Artocarpus heterophyllus*. 60(1):35-42

* Frutas

- ** *Eugenia uniflora*. 60(2):203-209

- ** *Myrciaria jaboticaba*. 60(3):231-240

Callo

- * Cultivo de tejido

- ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Cambio tecnológico

- * INIA. 60(4):315-331

Candelilla tardía, véase *Phytophthora infestans*

Caña de azúcar, véase *Saccharum officinarum*

Capsicum annuum

- * Lara. 60(1):85-90

- * Plántulas. 60(1):85-90

* Sustrato de cultivo

- ** Aserrín de coco. 60(1):85-90

- ** Compost. 60(1):85-90

- ** Vermicompost. 60(1):85-90

* Variedades

- ** Keystone. 60(1):85-90

- ** Resistent Giant. 60(1):85-90

Carbofuram

- * Control químico

- ** *Oebalus insularis*

- *** *Oryza sativa*. 60(3):271-281

Carotenoides

- * Frutas

- ** *Eugenia uniflora*. 60(2):203-209

Caza con trampa

- * *Zygodontomys brevicauda*

- ** *Oryza sativa*. 60(1):43-48

Centros de investigación, véase instituciones de investigación

Cerdo

- * Aragua. 60(2):119-130

- * Pisoteo

- ** Propiedades físico-químicas del suelo. 60(2):119-130

Chinche vaneadora del grano de arroz, véase *Oebalus insularis*

Ciclo vital

- * *Diaphorina citri*. 60(3):283-286

Citoquininas

- * Quinetina

- ** Sustancia de crecimiento vegetal.

- ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Citrus aurantifolia

- * Huéspedes

- ** *Diaphorina citri*. 60(3):283-286

Citrus grandis

- * Huéspedes

- ** *Diaphorina citri*. 60(3):283-286

Citrus reticulata

- * Huéspedes

- ** *Diaphorina citri*. 60(3):283-286

Citrus sinensis

- * Huéspedes

- ** *Diaphorina citri*. 60(3):283-286

Climatología

- * Microcuenca Callecitas. 60(3):241-253

Combinación de abonos

- * *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Comercialización, véase Mercadeo

Compost

- * Sustrato de cultivo

- ** *Capsicum annuum*. 60(1):85-90

Compuestos fenólicos

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Contenido de agua en el suelo

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):177-191

Contenido de humedad

- * *Artocarpus camansi*. 60(4):333-339

Contenido de materia seca

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):161-170; 177-191

Control de plagas

- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Control químico

- * *Oeobalus insularis*
 - ** *Oryza sativa*
 - *** Carbofuran. 60(3):271-281
 - *** Monocrotofos. 60(3):271-281
 - *** Thiamethoxam. 60(3):271-281

Cooperativas de productores

- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Cosecha

- * *Amaranthus cruentus*. 60(3):287-293
- * *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293
- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Criollo Guasare

- * *Theobroma cacao*.
 - ** Variedades. 60(2):389-396

Criollo Merideño

- * *Theobroma cacao*.
 - ** Variedades. 60(2):211-219

Criollo Merideño San Juan

- * *Theobroma cacao*.
 - ** Variedades. 60(4):389-396

Criollo Porcelana

- * *Theobroma cacao*.
 - ** Variedades. 60(4):389-396

Cruzamiento

- * *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

Cuba

- * *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367
- * *Solanum lycopersicum*. 60(4):381-387

Cultivo de antera

- * *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Cultivo de embriones

- * *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Cultivo de hortaliza

- * Venezuela. 60(1):5-22

Cultivo de tejido

- * Callo
 - ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Cultivos alimenticios

- * Venezuela. 60(1):5-22

Densidad del suelo

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):177-191

Desarrollo embrionario

- * Poliembrionia
 - ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Desertificación

- * Microcuenca Callecitas. 60(3):241-253

Deterioro del suelo

- * Microcuenca Callecitas. 60(3):241-253

Diaphorina citri

- * Aragua. 60(3):283-286
- * Ciclo vital. 60(3):283-286
- * Huéspedes
 - ** *Citrus aurantifolia*. 60(3):283-286
 - ** *Citrus grandis*. 60(3):283-286
 - ** *Citrus reticulata*. 60(3):283-286
 - ** *Citrus sinensis*. 60(3):283-286
 - ** *Murraya paniculata*. 60(3):283-286

Dinámica de la población

- * *Oeobalus insularis*
 - ** *Oryza sativa*. 60(1):61-73
- * Scolytidae
 - ** *Theobroma cacao*. 60(3):255-261

Distribución de la población

- * *Oeobalus insularis*
 - ** *Oryza sativa*. 60(1):61-73

Don Guiem (Gen 6)

- * Variedades
 - ** *Amaranthus cruentus*. 60(3):287-293

Ecología vegetal

- * *Arachis hypogaea*. 60(4):341-354

Enmiendas calizas

- * INIA. 60(4):315-331

Enmiendas orgánicas

- * *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Espaciamiento

- * *Amaranthus cruentus*. 60(3):287-293
- * *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293
- * *Arachis hypogaea*. 60(4):341-354

Estiércol

- * Abonos orgánicos
 - ** *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Etanol

- * Trampas
 - ** Scolytidae
 - *** *Theobroma cacao*. 60(3):255-261

Eugenia uniflora

- * Aragua. 60(2):203-209
- * Frutas
 - ** Ácido ascórbico. 60(2):203-209
 - ** Análisis organoléptico. 60(2):203-209
 - ** Calidad proteica. 60(2):203-209
 - ** Carotenoides. 60(2):203-209
 - ** Índice de cosecha. 60(2):203-209
 - ** Propiedades físico-químicas. 60(2):203-209

Experimentación en laboratorio

- * *Spodoptera frugiperda*
 - ** Larvas
 - *** Supervivencia. 60(4):375-380
- * *Theobroma cacao*
 - ** Almendra. 60(4):389-396

Fenología

- * *Leucaena leucocephala*. 60(2):155-160
- * *Phaseolus vulgaris*. 60(2):171-175
- * *Pisum sativum*. 60(2):171-175

Fermentación

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219
 - ** Almendra. 60(4):389-396

Fertilidad del suelo

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):177-191

Fijación del nitrógeno

- * *Azotobacter* sp. 60(4):355-361

Financiamiento, véase Finanzas

Finanzas

- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Fitomejoramiento

- * *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

Fitosociología, véase Ecología vegetal

FK 280-FH1 (Gen 12)

- * Variedades
 - ** *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293

Flora bacteriana

- * Bacteria
 - ** *Anacardium occidentale*. 60(1):55-60
 - ** Mazapán de merey. 60(1):55-60
 - ** Merey pasao. 60(1):55-60

Forastero

- * *Theobroma cacao*
 - ** Variedades. 60(2):211-219
 - 60(4):389-396

Fusarium sp.

- * *Leucaena leucocephala*. 60(2):155-160

Frijol, véase *Vigna unguiculata*

Frijol, véase *Phaseolus vulgaris*

Frijol pintón

- * *Phaseolus vulgaris*
 - ** Variedades. 60(2):171-175

Frutas

- * *Eugenia uniflora*
 - ** Ácido ascórbico. 60(2):203-209
 - ** Análisis organoléptico. 60(2):203-209
 - ** Calidad proteica. 60(2):203-209
 - ** Carotenoides. 60(2):203-209
 - ** Índice de cosecha. 60(2):203-209
 - ** Propiedades físico-químicas. 60(2):203-209
- * *Myrciaria jaboticaba*
 - ** Calidad proteica. 60(3):231-240
 - ** Propiedades físico-químicas. 60(3):231-240
 - ** Tecnología postcosecha. 60(3):231-240

Frutas frescas, véase Frutas

Frutas secas

- * *Artocarpus heterophyllus*. 69(1):35-42

Frutopán, véase *Artocarpus camansi*

Geomorfología

- * Aragua. 60(4):397-413

Germinación

- * *Leucaena leucocephala*. 60(2):155-160

Gestación

- * *Zygodontomys brevicauda*
 - ** *Oryza sativa*. 60(1):43-48

Girasol, véase HA-89

Girasol, véase *Helianthus anomalus*

Girasol, véase *Helianthus deserticola*

Girasol, véase *Helianthus praecox*

Girasol, véase *Helianthus tuberosus*

Glomus

- * Micorrizas arbusculares vesiculares
- ** *Solanum lycopersicum*. 60(4):381-387

Gossypium hirsutum

- * Asistencia técnica. 60(3):295-304
- * Brasil. 60(3):295-304
- * Control de plagas. 60(3):295-304
- * Cooperativas de productores. 60(3):295-304
- * Cosecha. 60(3):295-304
- * Finanzas. 60(3):295-304
- * Manejo del cultivo. 60(3):295-304
- * Mercadeo. 60(3):295-304
- * Rendimiento de cultivos. 60(3):295-304
- * Transferencia de tecnología. 60(3):295-304
- * Variedades
- ** BRS 200 Marrón. 60(3):295-304

Granola

- * Variedades
- ** *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Guárico

- * Microcuenca Callecitas. 60(3):241-253
- * *Oryza sativa*. 60(1):43-48; 61-73
- 60(2):131-138
- 60(3):271-281
- 60(4):369-373

Guatemala

- * Análisis de suelos. 60(1):23-33
- * Análisis de tejidos. 60(1):23-33
- * Propiedades físico-químicas del suelo. 60(1):23-33

Gusano cogollero del maíz, véase *Spodoptera frugiperda*

HA-89

- * Marcadores genéticos. 60(3):263-269
- * Polimorfismo genético. 60(3):263-269
- * Variabilidad genética. 60(3):263-269

Helianthus anomalus

- * Marcadores genéticos. 60(3):263-269
- * Polimorfismo genético. 60(3):263-269
- * Variabilidad genética. 60(3):263-269

Helianthus deserticola

- * Marcadores genéticos. 60(3):263-269
- * Polimorfismo genético. 60(3):263-269
- * Variabilidad genética. 60(3):263-269

Helianthus praecox

- * Marcadores genéticos. 60(3):263-269
- * Polimorfismo genético. 60(3):263-269
- * Variabilidad genética. 60(3):263-269

Helianthus tuberosus

- * Marcadores genéticos. 60(3):263-269
- * Polimorfismo genético. 60(3):263-269
- * Variabilidad genética. 60(3):263-269

Híbridos f1

- * Progenie
- ** *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

Híbridos f2

- * Progenie
- ** *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

Hospederos, véase Huéspedes

Huasteca Potosina

- * México
- ** Ordenación de tierras. 60(2):139-154
- ** Vocación de la tierra. 60(2):139-154

Huéspedes

- * *Diaphorina citri*
- ** *Citrus aurantifolia*. 60(3):283-286
- ** *Citrus grandis*. 60(3):283-286
- ** *Citrus reticulata*. 60(3):283-286
- ** *Citrus sinensis*. 60(3):283-286
- ** *Murraya paniculata*. 60(3):283-286
- * *Oeobalus insularis*
- ** *Oryza sativa*. 60(4):369-373

INIA

- * Abonos orgánicos. 60(4):315-331
- * Análisis del suelo. 60(4):315-331
- * Cambio tecnológico. 60(4):315-331
- * Enmiendas calizas. 60(4):315-331
- * Instituciones de investigación. 60(4):315-331
- * Investigación. 60(4):315-331
- * Sistemas expertos. 60(4):315-331

Índice de cosecha

- * *Amaranthus cruentus*. 60(3):287-293
- * *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293
- * Frutas
- ** *Eugenia uniflora*. 60(2):203-209

Inoculación

- * Micorrizas arbusculares vesiculares
 - ** *Solanum lycopersicum*. 60(4):381-387

Instituciones de investigación

- * INIA. 60(4):315-331

Interacción genotipo ambiente

- * *Oryza sativa*. 60(2):131-138

Investigación

- * INIA. 60(4):315-331

Investigación agraria, véase Investigación

Jabuticaba, véase *Myrciaria jaboticaba*

Keystone

- * *Capsicum annuum*
 - ** Variedades. 60(1):85-90

Labranza convencional

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):161-170; 177-191

Labranza mínima

- * *Vigna unguiculata*. 60(2):161-170; 177-191

Lara

- * *Capsicum annuum*. 60(1):85-90

Larvas

- * *Spodoptera frugiperda*
 - ** Experimentación en laboratorio
 - *** Supervivencia. 60(4):375-380

Leguminosa de grano

- * *Phaseolus vulgaris*. 60(2):171-175
- * *Pisum sativum*. 60(2):171-175

Leucaena, véase *Leucaena leucocephala*

Leucaena leucocephala

- * Fenología. 60(2):155-160
- * *Fusarium* sp. 60(2):155-160
- * Germinación. 60(2):155-160
- * Plántulas. 60(2):155-160
- * Yaracuy. 60(2):155-160

Levadura

- * *Anacardium occidentale*. 60(1):55-60
- * Mazapán de merey. 60(1):55-60
- * Merey Pasao. 60(1):55-60

Licores

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Lima, véase *Citrus aurantifolia*

Maduración

- * *Amaranthus cruentus*. 60(3):287-293
- * *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293
- * *Artocarpus heterophyllus*. 60(1):35-42

Malezas

- * *Arachis hypogaea*. 60(4):331-354

Mandarina, véase *Citrus reticulata*

Manejo del cultivo

- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304
- * *Oryza sativa*. 60(2):131-138

Maní, véase *Arachis hypogaea*

Manteca de cacao

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Marcadores genéticos

- * Ha-89. 60(3):263-269
- * *Helianthus anomalus*. 60(3):263-269
- * *Helianthus deserticola*. 60(3):263-269
- * *Helianthus praecox*. 60(3):263-269
- * *Helianthus tuberosus*. 60(3):263-269

Mazapán de merey

- * Bacteria
 - ** Flora microbiana. 60(1):55-60
- * Levadura. 60(1):55-60
- * Moho. 60(1):55-60
- * Sucre. 60(1):55-60

Medio de cultivo

- * *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Mercadeo

- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Merey, véase *Anacardium occidentale*

Merey Pasao

- * Bacteria
 - ** Flora bacteriana. 60(1):55-60
- * Levadura. 60(1):55-60
- * Moho. 60(1):55-60
- * Sucre. 60(1):55-60

Mérida

- * *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54
- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219
60(4):389-396

México

- * Huasteca Potosina
 - ** Ordenación de tierras. 60(2):139-154
 - ** Vocación de la tierra. 60(2):139-154
- * *Saccharum officinarum*
 - ** Rendimiento de cultivos. 60(2):139-154

Micorrizas arbusculares vesiculares

- * *Solanum lycopersicum*
 - ** *Glomus*. 60(4):381-387
 - ** Inoculación. 60(4):381-387

Microcuenca Callecitas

- * Climatología. 60(3):241-253
- * Desertificación. 60(3):241-253
- * Deterioro del suelo. 60(3):241-253
- * Guárico. 60(3):241-253
- * Modelo de simulación. 60(3):241-253
- * Utilización de la tierra. 60(3):241-253

Modelos de simulación

- * Aragua. 60(4):397-413
- * Microcuenca Callecitas. 60(3):241-253

Moho

- * *Anacardium occidentale*. 60(1):55-60
- * Mazapán de merey. 60(1):55-60
- * Merey pasao. 60(1):55-60

Moho azul, véase *Peronospora hyoscyami* f. sp. tabacina

Monocrotofos

- * Control químico
 - ** *Oebalus insularis*
 - *** *Oryza sativa*. 60(3):271-281

Murraya paniculata

- * Huéspedes
 - ** *Diaphorina citri*. 60(3):283-286

Myrcaria jaboticaba

- * Brasil
- * Frutas
 - ** Calidad proteica. 60(3):231-240
 - ** Propiedades físico-químicas. 60(3):231-240
 - ** Tecnología poscosecha. 60(3):231-240

Naranja, véase *Citrus sinensis*

Necesidades de nutrimentos

- * Venezuela. 60(1):5-22

Nicotiana tabacum

- * Cruzamiento. 60(4):363-367
- * Cuba. 60(4):363-367
- * Fitomejoramiento. 60(4):363-367
- * *Peronospora hyoscyami* f. sp. tabacina. 60(4):363-367
- * *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*. 60(4):363-367
- * Progenie
 - ** Híbridos f1. 60(4):363-367
 - ** Híbridos f2. 60(4):363-367
- * Resistencia a la enfermedad. 60(4):363-367
- * Variedades
 - ** PH-89. 60(4):363-367
 - ** S-98. 60(4):363-367
 - ** Virginia resistente. 60(4):363-367

Nivel de daños económicos

- * *Oebalus insularis*
 - ** *Oryza sativa*. 60(3):271-281

Oebalus insularis

- * *Oryza sativa*
 - ** Control químico
 - *** Carbofuran. 60(3):271-281
 - *** Monocrotofos. 60(3):271-281
 - *** Thiamethoxan. 60(3):271-281
 - ** Dinámica de la población. 60(1):61-73
 - ** Distribución de la población. 60(1):61-73
 - ** Huéspedes. 60(4):369-373
 - ** Nivel de daños económicos. 60(3):271-281

Ordenación de tierra

- * Huasteca Potosina
 - ** México. 60(2):139-154
- * Venezuela. 60(1):5-22

Organismos para control biológico

- * *Theobroma cacao*. 60(1):91-97

Organogénesis

- * *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Oryza sativa

- * Barinas. 60(2):131-138
- * Guárico. 60(1):43-48; 61-73
60(2):131-138

- 60(3):271-281
- 60(4):369-373
- * Interacción genotipo ambiente. 60(2):131-138
- * Manejo del cultivo. 60(2):131-138
- * *Oebalus insularis*
 - ** Control químico
 - *** Carbofuran. 60(3):271-281
 - *** Monocrotofos. 60(3):271-281
 - *** Thiametroxan. 60(3):271-281
 - ** Dinámica de la población. 60(1):61-73
 - ** Distribución de la población. 60(1):61-73
 - ** Huéspedes. 60(4):369-373
 - ** Nivel de daños económicos. 60(3):271-281
- * Portuguesa. 60(2):131-138
- * Rendimiento de cultivos. 60(2):131-138
60(3):271-281
- * Variedades. 60(2):131-138
- * *Zygodontomys brevicauda*
 - ** Caza con trampa. 60(1):43-48
 - ** Gestación. 60(1):43-48
 - ** Período de gestación. 60(1):43-48

Papa, véase *Solanum tuberosum*

Pata prieta, véase *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*

Período de gestación

- * *Zygodontomys brevicauda*
 - ** *Oryza sativa*. 60(1):43-48

Peronospora hyoscyami f. sp. Tabacina

- * *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

PH-89

- * *Nicotiana tabacum*
 - ** Variedades. 60(4):363-367

Phaseolus vulgaris

- * Anatomía de la planta. 60(2):171-175
- * Fenología. 60(2):171-175
- * Leguminosa de grano. 60(2):171-175
- * Táchira. 60(2):171-175
- * Variedades
 - ** Caraotica. 60(2):171-175
 - ** Frijol largo. 60(2):171-175
 - ** Frijol pintón. 60(2):171-175
 - ** Frijol rayado. 60(2):171-175

Phytophthora infestans

- * *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54

Phytophthora parasitica var. *nicotianae*
* *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

Pimentón, véase *Capsicum annuum*

Pirazinas

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Pisoteo

- * Cerdo
 - ** Propiedades físico-químicas del suelo. 60(2):119-130

Pisum sativum

- * Anatomía de la planta. 60(2):171-175
- * Fenología. 60(2):171-175
- * Leguminosas de grano. 60(2):171-175
- * Táchira. 60(2):171-175
- * Variedades
 - ** Arveja amarilla. 60(2):171-175
 - ** Arveja pequiniega. 60(2):171-175
 - ** Arveja verde. 60(2):171-175

Pitanga, véase *Eugenia uniflora*

Plántulas

- * *Capsicum annuum*. 60(1):85-90
- * *Leucaena leucocephala*. 60(2):155-161

Poliembrionia

- * Desarrollo embrionario
 - ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Polimorfismo genético

- * HA-89. 60(3):263-269
- * *Helianthus anomalus*. 60(3):263-269
- * *Helianthus deserticola*. 60(3):263-269
- * *Helianthus praecox*. 60(3):263-269
- * *Helianthus tuberosus*. 60(3):263-269

Pomelo, véase *Citrus grandis*

Portuguesa

- * *Oryza sativa*. 60(2):131-138

Precusores de aroma

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Producción alimentaria

- * Venezuela. 60(1):5-22

Progenie

- * *Nicotiana tabacum*
 - ** Híbridos fl. 60(4):363-367
 - ** Híbridos f2. 60(4):363-367

Propiedades físico-químicas

- * *Artocarpus camansi*. 60(4):333-339
 - ** *Artocarpus heterophyllus*. 60(1):35-42
- * Frutas
 - ** *Myrciaria proteica*. 60(3):231-240
- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219
 - ** Almendra. 60(4):389-396

Propiedades físico-químicas del suelo

- * Pisoteo
 - ** Cerdo. 60(2):119-130
- * *Vigna unguiculata*. 60(2):177-191

Propiedades organolépticas

- * *Artocarpus heterophyllus*. 60(1):35-42

Psílido asiático de los cítricos, véase *Diaphorina citri*

Quinetina

- * Citoquininas
 - ** Sustancia de crecimiento vegetal
 - *** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Ratón marrón, véase *Zygodontomys brevicauda*

Relación huésped parásito

- * *Theobroma cacao*. 60(1):91-97

Rendimiento de cultivos

- * *Arachis hypogaea*. 60(4):341-354
- * *Gossypium hirsutum*. 60(3):293-304
- * *Oryza sativa*. 60(2):131-138
 - 60(3):271-281
- * *Saccharum officinarum*
 - ** México. 60(2):139-154
- * *Solanum lycopersicum*. 60(4):381-387
- * *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54; 75-84
- * *Vigna unguiculata*. 60(2):177-191
- * Venezuela. 60(1):5-22

Resistencia a la enfermedad

- * *Nicotiana tabacum*. 60(4):363-367

Resistent Giant 3.

- * *Capsicum annum*
 - ** Variedades. 60(1):85-90

Runner IAC 886

- * *Arachis hypogaea*
 - ** Variedades. 60(4):341-354

S-98

- * *Nicotiana tabacum*
 - ** Variedades. 60(4):363-367

Saccharum officinarum

- * Rendimiento de cultivos
 - ** México. 60(2):139-154

Scolytidae

- * *Theobroma cacao*
 - ** Dinámica de la población. 60(3):255-161
 - ** Trampas
 - *** Etanol. 60(3):255-261

Semillas

- * *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54

Sistema de explotación

- * Venezuela. 60(1):5-22

Sistemas expertos

- * INIA. 60(4):315-331

Solanum lycopersicum

- * Cuba. 60(4):381-387
- * Micorrizas arbusculares vesiculares
 - ** Glomus. 60(4):381-387
 - ** Inoculación. 60(4):381-387
- * Rendimiento de cultivos. 60(4):381-387
- * Variedades
 - ** Amalia. 60(4):381-387

Solanum tuberosum

- * Abonos orgánicos
 - ** Estiércol. 60(1):75-84
- * Análisis de suelo. 60(1):75-84
- * Aplicación de abonos
 - ** Abonos NPK. 60(1):75-84
 - ** Aplicación foliar. 60(1):49-54
- * Combinación de abonos. 60(1):75-84
- * Enmiendas orgánicas. 60(1):75-84
- * Mérida. 60(1):49-54
- * *Phytophthora infestans*. 60(1):49-54
- * Rendimiento de cultivos. 60(1):49-54; 75-84
- * Semillas. 60(1):49-54
- * Táchira. 60(1):75-84
- * Tubérculo. 60(1):49-54
- * Variedades. 60(1):49-54
 - ** Granola. 60(1):75-84

Spodoptera frugiperda

- * Larvas
 - ** Experimentación en laboratorio
 - *** Supervivencia. 60(4):375-380

Substrato de cultivo

- * *Capsicum annuum*
 - ** Aserrín de coco. 60(1):85-90
 - ** Compost. 60(1):85-90
 - ** Vermicompost. 60(1):85-90

Sucre

- * *Anacardium occidentale*. 60(1):55-60
- * Mazapán de merey. 60(1):55-60
- * Merey pasao. 60(1):55-60

Supervivencia

- * *Spodoptera frugiperda*
 - ** Larvas
 - *** Experimentación en laboratorio. 60(4):375-380

Sustancia de crecimiento vegetal

- * Auxina
 - ** 2,3-D
 - ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202
- * Citoquininas
 - ** Quinetina
 - ** *Theobroma cacao*. 60(2):193-202

Tabaco, véase *Nicotiana tabacum*

Táchira

- * *Phaseolus vulgaris*. 60(2):171-175
- * *Pisum sativum*. 60(2):171-175
- * *Solanum tuberosum*. 60(1):75-84

Tarasca (Gen 9)

- * Variedades
 - ** *Amaranthus hypochondriacus*. 60(3):287-293

Tecnología postcosecha

- * Frutas
 - ** *Myrciaria jaboticaba*. 60(3):231-240

Theobroma cacao

- * Almendra
 - ** Experimentación en laboratorio. 60(4):389-396
 - ** Fermentación. 60(4):398-396
 - ** Propiedades físico-químicas. 60(4):389-396
- * Androgénesis. 60(2):193-202

- * Aragua. 60(1):91-97
- 60(3):255-261
- * Aroma. 60(2):211-219
- * Caféina. 60(2):211-219
- * Compuestos fenólicos. 60(2):211-219
- * Cultivo de anteras. 60(2):193-202
- * Cultivo de embriones. 60(2):193-202
- * Cultivo de tejido
 - ** Callo. 60(2):193-202
- * Desarrollo embrionario
 - ** Poliembrionia. 60(2):193-202
- * Fermentación. 60(2):211-219
- * Licores. 60(2):211-219
- * Manteca de cacao. 60(2):211-219
- * Medio de cultivo. 60(2):193-202
- * Mérida. 60(2):211-219
- 60(4):389-396
- * Organismos para control biológico. 60(1):91-97
- * Organogénesis. 60(2):193-202
- * Pirazinas. 60(2):211-219
- * Precursores de aroma. 60(2):211-219
- * Propiedades físico-químicas. 60(2):211-219
- * Relaciones huésped parásito. 60(1):91-97
- * Scolytidae
 - ** Dinámica de población. 60(3):255-261
 - ** Trampas
 - *** Etanol. 60(3):255-261
- * Sustancia de crecimiento vegetal.
 - ** Auxina
 - *** 2,4-D. 60(2):193-202
 - ** Citoquininas
 - *** Quinetina. 60(2):193-202
- * Teobromina. 60(2):211-219
- * Variedades
 - ** Criollo Guasare. 60(4):389-396
 - ** Criollo Merideño. 60(2):211-219
 - ** Criollo Merideño San Juan. 60(4):389-396
 - ** Criollo Porcelana. 60(4):389-396
 - ** Forastero. 60(4):389-396
 - ** Forastero de Ghana. 60(2):211-219
 - ** Trinitario. 60(4):389-396

Teobromina

- * *Theobroma cacao*. 60(2):211-219

Thiamithoxan

- * Control químico
 - ** *Oebalus insularis*
 - *** *Oryza sativa*. 60(3):271-281

Tierras agrícolas

- * Venezuela. 60(1):5-22

Tomate, véase *Solanum lycopersicum*

Trampas

* Etanol

** Scolytidae

*** *Theobroma cacao*. 60(3):255-261

Transferencia de tecnología

* *Gossypium hirsutum*. 60(3):295-304

Trinitario

* *Theobroma cacao*

** Variedades. 60(4):389-396

Tubérculo

* *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54

Tuy

* *Vigna unguiculata*

** Variedades. 60(2):177-191

Utilización de la tierra

* Aragua. 60(4):397-413

* Microcuenca Callecitas. 60(3):241-253

* Venezuela. 60(1):5-22

Variabilidad genética

* HA-89. 60(3):263-269

* *Helianthus anomalus*. 60(3):263-269

* *Helianthus deserticola*. 60(3):263-269

* *Helianthus praecox*. 60(3):263-269

* *Helianthus tuberosus*. 60(3):263-369

Variedades

* *Amaranthus cruentus*

** Don Guien (Gen 6). 60(3):287-293

* *Amaranthus hypochondriacus*

** FK 280-FH1 (Gen 12). 60(3):287-293

** Tarasca (Gen 9). 60(3):287-293

* *Arachis hypogaea*

** Runner IAC886. 60(4):341-354

* *Capsicum annuum*

** Keystone. 60(1):85-90

** Resistent Giant 3. 60(1):85-90

* *Gossypium hirsutum*

** BRS200 Marrón. 60(3):295-304

* *Nicotiana tabacum*

** PH-89. 60(4):363-367

** S-98. 60(4):363-367

** Virginia. 60(4):363-367

* *Oryza sativa*. 60(2):131-138

* *Phaseolus vulgaris*

** Caraota. 60(2):171-175

** Frijol largo. 60(2):171-175

** Frijol rayado. 60(2):171-175

* *Pisum sativum*

** Arveja amarilla. 60(2):171-175

** Arveja pequinera. 60(2):171-175

** Arveja verde. 60(2):171-175

* *Solanum lycopersicum*

** Amalia. 60(4):381-387

* *Solanum tuberosum*. 60(1):49-54

** Granola. 60(1):75-84

* *Theobroma cacao*

** Criollo Guasare. 60(4):389-396

** Criollo Merideño. 60(2):211-219

** Criollo Merideño San Juan. 60(4):389-396

** Criollo Porcelana. 60(4):389-396

** Forastero. 60(4):389-396

** Forastero de Ghana. 60(2):211-219

** Trinitario. 60(4):389-396

* *Vigna unguiculata*

** Tuy. 60(2):177-191

Venezuela

* *Artocarpus heterophyllus*. 60(1):35-42

* *Azotobacter* sp. 60(4):355-361

* Cultivos de hortalizas. 60(1):5-22

* Cultivos alimenticios. 60(1):5-22

* Necesidades de nutrimentos. 60(1):5-22

* Ordenación de tierras. 60(1):5-22

* Producción alimentaria. 60(1):5-22

* Rendimiento de cultivos. 60(1):5-22

* Sistemas de explotación. 60(1):5-22

* Tierras agrícolas. 60(1):5-22

* Utilización de la tierra. 60(1):5-22

* Vocación de la tierra. 60(1):5-22

Vermicompost

* Sustrato de cultivo

** *Capsicum annuum*. 60(1):85-90

Vigna unguiculata

* Absorción de agua. 60(2):177-191

* Aragua. 60(2):161-170; 177-191

* Contenido de agua en el suelo. 60(2):177-191

* Contenido de materia seca. 60(2):161-170; 177-191

* Densidad del suelo. 60(2):177-191

* Fertilidad del suelo. 60(2):177-191

* Labranza convencional. 60(2):161-170; 177-191

* Labranza mínima. 60(2):161-170; 177-191

* Propiedades físico-químicas del suelo. 60(2):177-191

* Rendimiento de cultivos. 60(2):177-191

* Variedades

** Tuy. 60(2):177-191

Virginia resistente

* *Nicotiana tabacum*

** Variedades. 60(4):363-367

Vitamina C, véase Ácido ascórbico

Vocación de la tierra

* Aragua. 60(4):397-413

* México

** Huasteca Potosina. 60(2):139-154

* Venezuela. 60(1):5-22

Yuca, véase *Artocarpus heterophyllus*

Yaracay

* *Leucaena leucocephala*. 60(2):155-160

Zygodontomys brevicauda

* *Oryza sativa*

** Caza con trampa. 60(1):43-48

** Gestación. 60(1):43-48

** Período de gestación. 60(1):43-48

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 técnicas. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

Artículo

Se requiere que sea transcrito en el programa MS Word, Open Office Writer, a doble espacio utilizando márgenes de 4 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, debe remitirse por correo electrónico.

Los artículos pueden enviarse vía correo electrónico a la dirección de la revista: agrotrop@inia.gob.ve, agrotropic@yahoo.com.

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), resumen, palabras clave, 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 artículo es necesario anexar una carta de Fe, donde se declare que el trabajo no ha sido presentado en ningún otro medio.

Una vez aceptado el artículo se le enviará la comunicación oficial de aprobación con la ubicación relativa donde será incluido en la revista **Agronomía Tropical**.

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 el cargo, la institución, dirección postal donde trabajan y correo electrónico. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o siglas entre paréntesis. Igualmente, 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, en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

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

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

Materiales y Métodos. La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las

técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deberán ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

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

Agradecimiento. Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Asimismo, para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación se debe indicar la llamada con el número 1 al terminar el título, e incluyéndose debajo de los autores.

Cuadros. Cada cuadro se presentará en archivo separado del texto, haciendo alusión en el texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001 (***); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo. Los cuadros deben ser elaborados utilizando la tabla del programa Words, Harward Graphic o Excel. No es deseable los cuadros escaneados, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificado en la oficina de edición de la revista.

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. En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar los programas Power Point, Harward Graphic o Excel, con la información adjunta la cual se elabora la ilustración. No es deseable usar letras mayúsculas en la leyenda y debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán con el respectivo número de la figura. Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, deberán procesarse en formato JPEG, TIFF (cmyk) de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada al momento de diagramar. No use innecesariamente figuras 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 enumérelas secuencialmente.

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

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

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

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

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

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

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgullas o comillas simples

Instrucciones a los Autores

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 (10^3m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10^{-2}m)	
milímetro,	mm (10^{-3}m)	
micra	m	
micromilímetro,	μm (10^{-6}m),	microm
nanómetro,	nm (10^{-9}m),	Angstrom
metro cuadrado,	m^2	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	m^3	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg (10^{-3}g)	
microgramo,	μg (10^{-6}g)	
nanogramo,	ng (10^{-9}g)	
kilogramo/hectárea,	kg ha^{-1}	
toneladas/hectárea,	t ha^{-1}	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	$^{\circ}\text{C}$	
grado Joule,	J, caloría	
grado Kelvin	$^{\circ}\text{K}$	
centimole por kilogramo,	c mol kg^{-1} ,	meqpor100g

gramo por kilogramo, g kg^{-1}
 miligramo por kilogramo, mg kg^{-1} , ppm
 metro sobre el nivel del mar m.s.n.m.

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

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

El artículo debe ser enviado al Editor Regional (investigador INIA) o al Editor de **Agronomía Tropical**, a través del correo electrónico: agrotrop@inia.gob.ve, agrotropic@yahoo.com, acompañado con una comunicación, la cual se señale el autor a quién deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio o correo electrónico, además, la firma del autor y uno de los coautores del trabajo. También, puede entregarlo en el Edificio INIA, Av. Universidad, vía El Limón. Maracay, estado Aragua. Venezuela.

Para suscripción. Realizar depósito según 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. INIA-Gerencia General.

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
 Maracay, estado Aragua, Venezuela
 Mayo 2012

Composición: Carmen E. Solórzano
Índice Acumulativo: Elio Pérez y Carmen E. Solórzano
Fotolito: Mario Pino
Impresión: Eliseo Silva

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Mayo 2012

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical