



INIA
Instituto Nacional
de Investigaciones
Agrícolas

Vol. 58, N° 4, 2008

Agronomía Tropical

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

AGRONOMÍA TROPICAL

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

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

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

INDIZACIÓN

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

SUSCRIPCIÓN

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

DIRECCIÓN

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

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

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS AGRONOMÍA TROPICAL

Dr. Yván Gil
PRESIDENTE

Dra. Jorman Rodríguez
GERENTE GENERAL

Dr. Luis Dickson
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. David Díaz
GERENTE DE SERVICIOS Y PRODUCCIÓN SOCIAL

FUNDADORES

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

COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Milagros Fernández
EDITOR JEFE

Mónica González
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo
BACHILLER I

Carmen E. Sólorzano
BACHILLER I

EDITORES ASOCIADOS

Dra. Rosemary Warnock, UCV
Producción Vegetal

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

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo
Frutales

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

Dra. Beatriz Lozada, INIA- Táchira
Agrometeorología

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

COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández
María González

Félix San Vicente
Klaus Jaffé

CONSEJO DE REDACCIÓN

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

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

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

ÍNDICE

In Memoriam

Nota de la Redacción

Artículos:

Pág.

- MORELL PLANES, F. y A. HERNÁNDEZ JIMÉNES. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento..... 335
 Degradation of properties agrobiological of red grounds ferralíticos leached by the anthropic influence and its answer agroproductiva to the improvement.
- RUSSIÁN, T. y J. OROPEZA. Evaluación en vivero de tres patrones para el desarrollo de la naranja ‘Criolla’ en el sector Macanillas - Curimagua..... 345
 Evaluation in nursery of three rootstock for the development of the ‘Criolla’ orange in the sector Macanillas - Curimagua.
- PAVONE, R. A., L. AVILÁN y L. HERRERA. Efecto del despuntado, poda y Paclobutrazol, sobre la brotación vegetativa y reproductiva de cuatro cultivares de mango..... 351
 The effect of apical bud removed, pruning and Paclobutrazol on vegetative bud-break and flowering of four cultivars of mango.
- CHARCAS-SALAZAR, H., J. R. AGUIRRE-RIVERA and H. M. DURÁN-GARCÍA. Sweet-corn production in the Rioverde region, San Luis Potosi, Mexico..... 357
 Producción de maíz para Elote en la región de Ríoverde, San Luis Potosí, México.
- OBALLOS, J. y G. OCHOA. Caracterización de Ultisoles en la cuenca del río Capaz, Mérida-Venezuela..... 369
 Characterization of Ultisols in the Capaz river basin, Merida-Venezuela.
- GARCÍA M., P. J., S. R. CABRERA P., J. SÁNCHEZ y A. A. PÉREZ C. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela..... 383
 Evaluation of a biofungicide for the control of maize banded stripe *Rhizoctonia solani* Kühn on commercial fields at the Portuguesa State, Venezuela.
- LÓPEZ, M., R. MARTÍNEZ VIERA, M. BROSSARD FABRÉ, A. BOLÍVAR, N. ALFONSO, A. ALBA y H. PEREIRA ABREO. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos..... 391
 Bacterial biofertilizers effect on the growth of a maize cultivar in two venezuelans contrasting soils.

Artículos:	Pág.
MONTILLA, R., L. LACRUZ y D. DURÁN. Dsistribución geográfica de <i>Melanoloma viatrix</i> Hendel (Diptera: Richardiidae) en Trujillo, Venezuela..... Geographical distribution of <i>Melanoloma viatrix</i> Hendel (Diptera: Richardiidae) in Trujillo, Venezuela.	403
GARCÍA, A. y E. PACHECO DELAHAYE. Caracterización postcosecha del apio criollo cultivado en el municipio Tovar, estado Mérida - Venezuela..... Characterization of post-harvest arracacha grow in the Municipality Tovar, Merida State - Venezuela.	409
CORASPE-LEÓN, H. M., T. MURAOKA, V. IDE FRANZINI y N. DO PRADO GRANJA. Nitrógeno y potasio en solución nutritiva para la producción de tubérculos-semilla de papa..... N and K in nutriet solution in the potato tuber seed production.	417
DELGADO, R., L. CASTRO, E. CABRERA de BISBAL, F. SANVICENTE, M. de J. MUJICA, S. CANACHE, L. NAVARRO e I. NOGUERA. Evaluación de algunas características del sistema radical del maíz (Híbrido INIA 68) cultivado bajo labranza mínima y convencional en un suelo de Maracay, Venezuela..... Evaluation of some characteristics of the root system of maize (Híbrido INIA 68) sowed under minimum and conventional tillage in a Fluventic Haplustoll soil of Maracay, Venezuela.	427

Índice Acumulativo

Instrucciones a los Autores



In Memoriam

Amigo Eduardo Casanova

El pasado 20 de agosto del 2008, en la ciudad que lo vio nacer hace 60 años -Maracay- nos dejó el excelente colega investigador y ciudadano Eduardo Casanova Olivo.

Eduardo cursó sus estudios en la ciudad de Maracay, incluyendo el de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Central de Venezuela (UCV). Inicialmente estuvo por un corto tiempo en el Fonaiap, con el conocido Dr. Obregón, y luego ingresó por concurso en la Facultad de Agronomía en Edafología de la UCV, desde donde llevó a cabo su mayor contribución científica y docente, en especial en el área de Fertilidad de Suelos, particularmente, en todos los aspectos de los Fosfatos Venezolanos. Posteriormente realizó su postgrado en la Universidad de Iowa, MS y PhD, en Suelos.

A través de su contribución docente formó cientos de estudiantes de Agronomía y del Postgrado de la Ciencia del Suelo, de la cual fue coordinador por varios años y padrino de una de las más grandes promociones. Dejó el primer y único texto de "Introducción a la Ciencia del Suelo", excelentemente adaptado e ilustrado a las condiciones Venezolanas.

Su contribución científica fue muy prolífica, más de 100 publicaciones y numerosos libros, con impacto nacional e internacional, incluyendo no sólo trabajos científicos, sino, compendios que apoyaron el análisis integral referente a temas de actualidad y significativo impacto, sobre todo en las áreas de pastos y fertilizantes. Varios de estos compendios de seminarios y talleres fueron efectuados durante su paso, cerca de 10 años, por Palmaven.

También Eduardo aceptó importantes responsabilidades administrativas como ser Presidente de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo y Coordinador de Investigación de la Facultad de Agronomía de la UCV. En todos ellos tuvo una destacada actuación.

Más allá de las anteriores contribuciones, Eduardo consolidó una bella familia y numerosos amigos, quienes siempre recordaremos su honestidad, equilibrio, generosidad y dedicación.

Que tus restos descansen en paz y que tus lecciones perduren por muchas generaciones.

Juan Comerma
Investigador Jubilado INIA

NOTA DE REDACCIÓN

La Editora y quienes conforman el Comité Editorial de la revista, agradecen a las personas que a continuación se mencionan, por el trabajo de revisión a los materiales que se publican en el Vol. 58, 2008:

Luis Lara	UCLA. Edo. Lara, Venezuela
William Castrillo	INIA. CIAE-Guárico
José Lazo	UCV. Facultad de Agronomía
Livia Hernández	INIA. CIAE-Yaracuy
Olga Arnaude	Universidad Nacional Experimental del Táchira
Carlos Rincones (J)	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
David Cedeño	Empresa Las Plumas y Asociados. Edo. Portuguesa
Carmen Amalia Rincón	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Álvaro Anzalone	UCLA. Edo. Lara Venezuela
Luisa Caraballo	INIA. CIAE-Bolívar
Jesús Aular	UCLA. Edo. Lara, Venezuela.
Annery Ramos	INIA- Gerencia General. SENASEM
Freddy Leal	UCV. Facultad de Agronomía.
Editor Rivas	INIA. CIAE-Monagas
Roberto Villafañe	UCV. Facultad de Agronomía.
Blas Linares	INIA. CIAE-Yaracuy
Oswaldo Fernández	ULA-NURR. Edo. Mérida
Renny Barrios	INIA. CIAE-Monagas
Leonardo Lugo	ULA-NURR. Edo. Mérida
Luis Urdaneta	INIA- Gerencia General. SENASEM
Edgar Jaimes	ULA-NURR. Edo. Trujillo
Rafaela Carvajal	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Xiomara Abreu	UCV. Facultad de Agronomía
Orlando Moreno	INIA. CIAE-Portuguesa
Adriana Florentino	UCV. Facultad de Agronomía
María Sindoni	INIA. CIAE-Anzoátegui
Carlos Najul	UCLA. Edo. Lara Venezuela.
Adolfo Cañizares	INIA. CIAE-Monagas
Julia Martínez	LUZ. Facultad de Agronomía. Edo. Zulia
Luis Avilán (J)	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Nelly Sanabria	UCV. Facultad de Agronomía
Grigna Piña	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Efraín Moreno	UPEL- Caracas
Marco Acevedo	INIA. CIAE-Guárico
Aída Ortiz	UCV. Facultad de Agronomía
Rafael Montilla	INIA. CIAE-Trujillo
Eduardo Graterol	Fundación Dana,c San Javier, Edo. Yaracuy
Alfonso Ordosgoitti (J)	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
†Eduardo Casanova	UCV. Facultad de Agronomía
Evelyn Cabrera de Bisbal	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
María Pérez	UCLA. Edo. Lara, Venezuela

... continúa

...continuación

Héctor Coraspe	INIA. CIAE-Trujillo
Lilia Arenas de Moreno	LUZ. Facultad Agronomía, Edo. Zulia
Germán Rico	INIA. CIAE- Guárico
Rosa Pavone	ULA. Trujillo, Venezuela.
Orlando Torres	INIA. CIAE-Barinas
Auris García	UCV. Facultad de Agronomía
Lorenzo Velásquez	INIA. CIAE-Portuguesa
Vianel Rodríguez	UCLA. Edo. Lara, Venezuela.
†Eduardo Ortega	INIA. CIAE-Mérida
Gladiana Praderes	UCV. Facultad de Agronomía
Álvaro Vargas	INIA. CIAE-Táchira
Margarita Briceño	ULA. Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Trujillo
María Angélica Ormeño	INIA. CIAE-Mérida
María González	UCV. Facultad de Agronomía
Humberto Giraldo	INIA. CIAE-Táchira
Marcial Fernández	Universidad Autónoma Chapingo. México
Frank Zamora	INIA. CIAE-Falcón
Cecilia Peña	Colegio de Postgraduados. México
Lourdes González	INIA. CIAE-Mérida
Edmundo Monteverde (J)	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Norma García	Universidad Autónoma de México
Yván Graterol	INIA. CIAE-Portuguesa
Irán Bojorquez	Universidad de Nayarit. México
Ricardina Colmenares	INIA. CIAE-Apure
José Luis García (J)	Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez
Jenny Cova	INIA. CIAE-Portuguesa
Alex González	Fundación Danac San Javier, Edo. Yaracuy.
María Suleima González	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Rosvel Bracho	UNET. Táchira. Venezuela
Beatriz Lozada	INIA. CIAE-Táchira. Venezuela
Guillermo Crespo	Colegio de Post Graduados, Chapingo México
Sara Roa	INIA. CIAE-Táchira. Venezuela
Angelica Prela	Instituto Agronómico de Campinas (IAC) Brasil
Raquel Mayela Parra	INIA-CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Andrés Ravelo	UBA. Cordoba. Argentina
José Bustamante	INIA. CIAE-Táchira. Venezuela
Aldo Cicero	UNCU. Mendoza. Argentina
Luisa Caraballo	INIA. CIAE-Anzoátegui. Venezuela

Damos las gracias igualmente al PhD Rodolfo Delgado por la ravisión de los resúmenes en inglés de Agronomía Tropical. 58(4):2008.

**DEGRADACIÓN DE LAS PROPIEDADES AGROBIOLÓGICAS DE LOS SUELOS
FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS POR LA INFLUENCIA ANTRÓPICA
Y SU RESPUESTA AGROPRODUCTIVA AL MEJORAMIENTO**

**DEGRADATION OF PROPERTIES AGROBIOLOGICAL OF RED GROUNDS
FERRALÍTICOS LEACHED BY THE ANTHROPIC INFLUENCE AND ITS ANSWER
AGROPRODUCTIVA TO THE IMPROVEMENT**

Fernando Morell Planes y Alberto Hernández Jiménez***

* Investigadores. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera De Tapaste km 3^{1/2}. San José de las Lajas, Provincia Habana. Cuba. Email: fmorell@inca.edu.cu; ahj@inca.edu.cu.

RESUMEN

En el trabajo se exponen los principales resultados de la caracterización agrobiológica de los suelos, que se aplican a los Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol Ródico Eútrico, NR), presentes en la Provincia Habana. Sobre la base del estudio de 3 perfiles de los suelos NR en diferentes formas de uso de la tierra (desde suelos bajo arboleda permanente de *Ficus* sp., suelos bajo frutales de 30 años o más, hasta suelos bajo cultivos intensivos de más de 30 años), se determinaron los cambios que ocurren en las propiedades de este tipo de suelo, principalmente por el color, estructura, contenido en materia orgánica, factor de dispersión, densidad aparente, así como una caracterización biológica de los mismos, determinando aspectos como microbiota total, conteo de esporas endémicas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), conteo de micelio, peso del endófito, densidad visual, porcentaje de infección y determinación de glomalina. Se demostró la estrecha relación entre el estado de conservación del suelo en cada caso con el estado estructural de los mismos, así como la diversidad biológica presente en los suelos, notándose mayores valores en todos los aspectos evaluados en los suelos más conservados, disminuyendo progresivamente hacia los suelos más degradados producto de la influencia antrópica.

Palabras Clave: Acrisoles; biología de suelos; impacto ambiental; manejo de suelos.

SUMMARY

A physical and biological characterization was carried out on three soil profiles characteristics of Lixivated Red Ferralitic soils (Rhodi Eutrhc Nitisols) which had been under different tillage and managements practices (permanent ficus groves, fruits plantations older than 30-year-old, and intensived cultivated soils for more than 30 years). In each soil, there were evaluated some physical (color, soil structure, soil organic mater content, dispertion soil factor, and soil bulk density), and biological determinations (total microbiota, number of endemic AMF spores, mycelial number, endophytic weight, visual density, infection percentage, and glomalalin content). A close relationship between the soil degradation level with soil structure and edaphic biodiversity was observed; the highest values were recorded on the most preserved soils, but them progressively decreased with decreases in the soil degradation, as a result of an anthropic influence.

Key Words: Acrisols; soil biology; environmental impact; soil management.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado, se viene prestando gran atención al problema de la degradación de los suelos en el mundo y sobre todo en las regiones tropicales debido a que los procesos ocurren en forma más enérgica como resultado del clima, la aplicación de tecnologías sofisticadas con altos insumos en la agricultura y el subdesarrollo.

En efecto, la solución de los principales problemas que afectan a los suelos agrícolas de Cuba, debe ser vista con un enfoque sistémico e integrador y no como una solución aislada, pues se concatenan factores naturales y antrópicos (Gerdermann y Nicolson, 1963). Es importante indicar que la sustentabilidad de los sistemas de producción, depende, fundamentalmente, del mantenimiento de la productividad de los suelos a través del desarrollo, la restauración y mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas, regulada en gran medida por la capacidad de reciclaje de los recursos orgánicos y las actividades de los microorganismos, que deben ser favorecidas por las acciones de manejo que se realicen (Hernández *et al.*, 2005).

Los microorganismos constituyen un factor importante en el proceso de formación de suelo; participan en la transformación de compuestos orgánicos y minerales, e influyen en el contenido y movilidad de los macro y microelementos, así como en su balance y asimilación por las plantas. Teniendo en cuenta el papel multifacético que ellos juegan en el suelo, numerosos investigadores en todas las regiones del mundo, han desarrollado estos estudios, con el fin de conocer la dirección e intensidad de los procesos edáficos regidos por las biocenosis microbianas (Martínez *et al.*, 1982, 1983 a y b).

Son numerosos los trabajos realizados por la mayoría de los investigadores con el objetivo de mejorar, o incrementar los rendimientos de los cultivos incluyendo aportes de diversas fuentes de abonos orgánicos e implementación de diferentes tipos de biofertilizantes, con diversos usos, respectivamente. No obstante, hasta el presente en Cuba, existen muy pocos resultados que diagnostiquen con precisión los índices de la degradación de las propiedades de los suelos, tanto química – física y biológicas, resultado de la acción antrópica, así como la respuestas de estos índices a la aplicación de diferentes enmiendas mejoradoras.

Teniendo en cuenta la problemática expuesta se plantean los siguientes objetivos: Caracterizar algunos índices de

degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, en función de la influencia antropogénica. Contribuir al establecimiento de índices de diagnóstico de la formación agrogénica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, que sirvan para el perfeccionamiento de la clasificación y cartografía de los suelos de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo se toman como base los resultados obtenidos de la caracterización de los parámetros físicos, químicos y físico – químicos de los suelos en estudio, ubicados en la región de San José de las Lajas, Provincia, Habana, con relación a la influencia antrópica en los mismos.

Se seleccionaron tres perfiles de suelo Nitisol Ródico Éutrico (NR) localizados en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Perfil 1. Tomado bajo plantación de mango, *Mangifera indica*, terreno el cual lleva plantado por más de 30 años.

Perfil 2. Tomado bajo arboleda de ficus (*Ficus* sp.).

Perfil 3. Tomado en área de cultivo intensivo, en la finca experimental “Las Papas”, la cual lleva desempeñándose por más de 30 años como unidad de producción.

La descripción de los perfiles se realizó por el Manual Metodológico para la Cartografía Detallada y la Evaluación Integral de los Suelos de Hernández *et al.* (1995). La clasificación de los suelos se realizó por la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), aplicando al mismo tiempo la clasificación por el World Reference Base (Deckers *et al.*, 1998) y la clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003).

Para determinar el estado actual de los suelos en estudio teniendo en cuenta sus propiedades, se analizaron y caracterizaron los siguientes parámetros:

Caracterización morfológica

Tipos de horizontes genéticos, tipos de horizontes y características de diagnóstico, transición entre los horizontes, color por Tabla Munsell (Munsell Soil Color Charts, 2000), tipo de estructura, consistencia, humedad, porosidad, inclusiones naturales, inclusiones artificiales.

Caracterización física y química

- pH (H₂O) y pH (KCl), textura, microestructura, humedad, factor de dispersión, densidad aparente, densidad real, porosidad total, bases intercambiables, materia orgánica (MO), nitrógeno total.

Los métodos analíticos fueron los siguientes:

- pH por potenciometría
- Composición mecánica por el método de Bouyoucos modificado, usando pirofosfato para la eliminación de los microagregados y NaOH como dispersante.
- Composición de microagregados por el método de Bouyoucos, sin utilizar reactivos químicos.
- Factor de dispersión por la división del por ciento de arcilla de microagregados entre el por ciento de arcilla del análisis mecánico multiplicado por 100.

Densidad aparente en campo a través de la fórmula siguiente:

$$D = \frac{Ph - 100}{100 + \% W}$$

Donde: D= densidad aparente

Ph = peso del cilindro con la tierra en húmedo

%W= por ciento de humedad

- Densidad real por el método de los picnómetros
- Porosidad total por cálculo a través de la fórmula:

$$Pt = \left(\frac{1 - D}{Pe} \right) \times 100$$

Donde: Pt= porosidad total

D= densidad aparente

Pe= densidad real o peso específico

- Cationes intercambiables por el método con AcNH₄
- MO por Walkley y Black
- Nitrógeno total por el método colorimétrico con reactivo NESSLER

Todos los métodos analíticos expuestos anteriormente fueron realizados según Métodos para Prácticas de Edafología (Kaurichev y Mershin, 1984), el Manual de Laboratorio para el Análisis Físico de los Suelos (Luis y Martín, 2003) y por el Manual de Técnicas Analíticas

para análisis de suelo, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque *et al.*, 2002).

Se determinaron los siguientes indicadores biológicos

1. Conteo de bacterias, hongos y actinomicetos, se realizó por el método de disolución-suspensión de suelo, con siembras superficiales en cápsulas Petri, mediante el empleo de los siguientes medios de cultivo: Rosa bengala (Hongos). Rojo congo (*Azospirillum* sp.), King B. (*Pseudomonas* sp.). YMA (*Rhizobium* sp.), SYP (Levaduras) y CAA (Actinomicetos)
2. Se determinó porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de Colonización (% Col.) mediante la Técnica de Tinción por Phillips y Hayman (1975) y se evaluó por el método de los Interceptos "Grin line Intersept" (Giovanetti y Mosse 1980).
3. Densidad Visual (% DV) y la Masa del Endófito (EA), parámetros que mide la intensidad de la colonización por Herrera *et al.* (1995). Así como se contó el número de esporas en cada suelo después del muestreo utilizando el sistema del tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo por Gerdemann y Nicolson (1963). La glomalina (total y fácilmente extraíble), por Wrigth y Upandhyaya (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos referentes a los resultados de los análisis de las caracterizaciones químicas y físicas aparecen a continuación:

Cambio en el análisis mecánico, de microagregados y del coeficiente de dispersión

En el Cuadro 1 aparecen los resultados del análisis de textura y microagregados, donde un dato importante es la comparación del contenido en arcilla del análisis mecánico y de microagregados, ya que estos últimos tienden a desintegrarse con la pérdida en el contenido en MO del suelo por el uso intensivo en la agricultura. Esta comparación permite el cálculo del coeficiente de dispersión del suelo. Este último valor es importante y se observan diferentes valores desde un coeficiente de dispersión bajo (menos de 15-20) en los perfiles bajo arboleda de ficus o frutales, hasta muy alto (alrededor de 50) en los suelos bajo cultivo intensivo (Morell *et al.*, 2004; Hernández y Morell, 2006).

CUADRO 1. Análisis mecánico y de microestructura de los perfiles de los suelos (NR) estudiados.

Prof., cm.	%tamaño de las fracciones en mm					Coef. de dispersión	<0,002 mm en microag.
	2,0-0,2	0,2-0,02	0,02-0,01	0,01-0,002	<0,002		
Perfil 1 (frutales, mango)							
0-8	1,96	14,0	10,0	7,0	67,04	12,68	18,91
8-22	5,96	13,0	12,0	6,0	63,04	5,38	8,53
22-41	0,96	5,0	5,0	5,0	84,04	5,38	6,40
41-64	1,96	3,0	2,0	8,0	85,04	12,38	14,56
64-100	13,96	10,0	2,0	3,0	71,04	5,38	7,57
Perfil 2 (arboleda de ficus)							
0-16	5,96	12,0	7,0	13,0	62,04	8,15	13,14
16-32	5,96	9,0	13,0	8,0	64,04	7,38	11,52
32-47	1,96	10,0	6,0	11,0	71,04	10,38	11,61
47-65	1,96	4,0	2,0	6,0	86,04	10,38	12,06
65-100	2,96	4,0	7,0	10,0	76,04	7,38	9,71
Perfil 3 (cultivo intensivo)							
0-12	4,24	6,0	13,0	10,0	66,76	35,76	53,57
12-22	2,24	5,0	4,0	7,0	81,76	16,76	20,50
22-37	2,24	4,0	9,0	8,0	76,76	14,76	19,23
37-50	2,24	5,0	4,0	7,0	81,76	14,76	18,05
50-62	5,24	5,0	4,0	5,0	80,76	5,76	7,13

Esto corrobora que el contenido de MO conjuntamente con el hierro forma microagregados estables en la parte superior del perfil como parte de la formación natural del suelo y que estos tienden a descomponerse por la influencia antropogénica, cuando el suelo es sometido al cultivo intensivo.

Comportamiento del peso volumétrico, peso específico y la porosidad total

Los resultados presentes en el Cuadro 2, el perfil 2 bajo plantación de ficus, tiene valores de densidad menores de 1 Mg/m³ y se mantiene relativamente bajo este valor hasta la profundidad de 47 cm. Para el caso del suelo bajo plantaciones de frutales la densidad es baja también, aunque aumenta a partir de los 22 cm. Para estos perfiles la densidad disminuye en profundidad, por debajo de 80-100 cm desde la superficie, donde el suelo se hace más friable.

El caso más crítico se tiene en los perfiles estudiados bajo cultivo intensivo, en los cuales la densidad alcanza los valores más altos, llegando hasta 1,25 Mg/m³ en el horizonte Bt con la formación de un piso de arado. Estos valores alcanzan el umbral de la densidad crítica para estos suelos, que se ha determinado que es de 1,25 Mg/m³ para el cultivo de la caña de azúcar (Roldós, 1986).

Cambio del contenido de materia orgánica, pH y bases intercambiables por la influencia antrópica

Por los datos del Cuadro 3, se destaca en primer lugar la disminución en el contenido en MO en los perfiles cultivados. Hay un máximo en el suelo bajo arboleda de ficus (algo mayor de 9%, perfil 2), que hoy día es muy raro encontrar en estos suelos, siguiendo en ese orden el perfil de suelo con frutales (perfil 1) y finalmente el suelo que ha estado bajo cultivo intensivo (perfil 3), en el cual la MO tiene un contenido menor de 2%.

CUADRO 2. Determinación de la densidad aparente, densidad real y porosidad total de los perfiles de suelos (NR) en estudio.

Prof. (cm)	Humedad (%)	D. Aparente Mg/m ³	D. Real Mg/m ³	Poros Total (%)
Perfil 1 (frutales, mango)				
0-8	35,2	0,98	2,61	62,5
8-22	39,9	1,00	2,72	63,2
22-41	33,4	1,09	2,76	60,5
41-64	32,8	1,04	2,77	62,5
64-100	32,2	1,03	2,78	62,9
Perfil 2 (arboleda de ficus)				
0-16	37,8	0,90	2,61	65,5
16-32	30,0	1,05	2,76	62,0
32-47	27,6	1,03	2,78	62,9
47-65	24,2	1,05	2,77	62,1
65-100	26,9	1,03	2,74	62,4
Perfil 3 (cultivo intensivo)				
0-12		1,10	2,63	58,2
12-22		1,18	2,66	55,6
22-37		1,25	2,64	52,6
37-50		1,13	2,60	56,5
50-62		1,10	2,70	59,3

Caracterización biológica de los suelos en estudio

Microbiota total

Las poblaciones presentes en este tipo de suelo, se observan en el Cuadro 4, donde se aprecia con mayor incidencia a las Bacterias totales, Pseudomonas y Levaduras, en el orden de 10^6 , siguiéndoles en orden decreciente, los hongos filamentosos (10^3), y *Azospirillum*, *Rhizobium* y Actinomicetos (10^2).

No se pudo apreciar un patrón definido de comportamiento en la distribución microbiana de acuerdo al grado de degradación del suelo, aunque si se puede afirmar que existió una tendencia a la disminución, a medida que el suelo fue cambiando en su grado de deterioro, observándose de forma general los mayores valores poblacionales en los suelos, más conservados desde el punto de vista de su manejo (P2 y P1).

Extracción de esporas de los suelos en estudio

En los Cuadros 5, 6, y 7 se presentan los valores de esporas por tipos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) encontrados en cada uno de los perfiles de suelo estudiados. En este caso no sólo se aprecia una tendencia a la disminución en las cantidades totales de esporas a medida que el perfil de suelo es más degradado ($P2 > P1 > P3$), sino también se vio afectada la abundancia de especie.

En el perfil con mayor grado de conservación (P2), se observó la presencia de tres tipos de Glomus, Acaulopora y Sclerocystis, esta última ausente en los dos restantes perfiles. Otro aspecto interesante encontrado fue la diferencia en la viabilidad de especies en cada uno de los sitios analizados. En el caso del suelo más conservado, no se aprecian esporas necrosadas, sin embargo, en los otros dos perfiles, éstas constituyen más del 60% de la población de Glomales cuantificada.

Conteo de micelio

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del conteo de micelios totales de HMA en cada uno de los suelos estudiados. Para esta variable se encontraron resultados muy similares a los hallados anteriormente en relación con la cantidad de esporas por tipo de hongos presentes en los suelos, es decir la concentración de micelio externo arbuscular en un mismo tipo de suelo, pero con niveles de degradación diferentes, también sufre variaciones con relación a las condiciones químicas - físicas y biológicas en donde se desarrolla.

Colonización Micorrízica

Al analizar la colonización micorrízica, así como la intensidad de la misma y la masa del endófito arbuscular (Cuadro 9), se pone de manifiesto un comportamiento similar al encontrado para las variables anteriormente evaluadas. En este caso los mayores valores micorrízicos aparecen en los suelos más conservados, a medida que estos se degradan. También disminuyen marcadamente sus contenidos fúngicos en el interior radical.

Este resultado se aprecia con mayor claridad en los contenidos de densidad visual y peso de endófito, variables que expresan no sólo la presencia del simbiote, sino la intensidad de la colonización. Se pudo constatar que en el suelo más conservado aparece una fuerte presencia fúngica y un elevado peso de endófito, el cual va disminuyendo a medida que se va degradando el suelo

por el efecto antropogénico, lo cual es un indicativo de la pérdida de la actividad micorrízica natural de estos suelos.

Extracción de glomalina

Los resultados del análisis de la glomalina, glicoproteína soluble específica de los HMA formadores (Cuadro 10), la cual está estrechamente relacionada, conjuntamente con el micelio fúngico y las raíces de las plantas, y la formación de agregados, con la conjunta mejora de la estructura en los suelos (Olivé *et al.*, 1994; Rillig *et al.*, 2002; Purin *et al.*, 2007; Rocier *et al.*, 2008). Aquí también se refleja una fuerte tendencia a la disminución a medida que los perfiles de suelos analizados estaban menos conservados, resultado que corrobora lo anteriormente expuesto.

En esta variable se pudo constatar elevadas concentraciones en el suelo natural (P2) y una sensible disminución hacia el suelo más degradado (P3), es decir, en condiciones agrícolas de cultivo intensivo, lo cual está muy relacionado, no sólo con las poblaciones de HMA, sino también con la actividad micorrízica encontrada en estas condiciones, que ha sido baja para todas las variables analizadas.

Otros autores quienes plantean que la agregación es un proceso complejo que incluye sustancias cementantes producidas por hongos, plantas y bacterias, las bacterias producen polisacáridos que evitan la desecación de las partículas y con ello amortiguan los ciclos de seca y humedad que disminuyen la agregación del suelo, todo lo cual se encuentra en estrecha relación con el estado de conservación en que se encuentre dicho suelo (Domingo *et al.*, 1994 y Wright *et al.*, 2007).

CUADRO 3. Determinación del contenido en materia orgánica y características físico-química de los perfiles de los suelos (NR) estudiados.

Horiz.	Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	Cationes cambiabiles (c mol. kg ⁻¹)				
				Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Suma
Perfil 1 (frutales, mango)								
A11	0-8	6,99	3,55	19,7	2,8	0,5	0,5	23,5
A12	8-22	6,05	3,12	12,6	1,7	0,3	0,1	14,7
B11t	22-41	5,12	1,38	8,8	1,0	0,2	0,1	10,1
B12t	41-64	5,26	0,7	8,0	0,8	0,2	0,1	9,1
B2	64-100	5,34	0,5	7,3	0,7	0,2	0,1	8,3
Perfil 2 (arboleda de ficus)								
A1h	0-16	7,27	9,19	27,0	2,4	0,5	0,9	30,8
AB1	6-32	7,16	2,71	13,7	1,0	0,2	0,5	15,4
B11t	32-47	6,41	2,34	12,6	0,9	0,2	0,3	14,0
B12t	47-65	5,54	1,38	11,0	0,8	0,2	0,2	12,2
B2t	65-100	5,70	1,07	10,2	0,8	0,2	0,2	11,4
Perfil 3 (cultivo intensivo)								
BA	0-12	6,90	1,51	8,6	3,8	0,1	1,3	13,8
B1	12-22	6,90	1,17	8,8	4,1	0,1	0,7	13,7
Bt2	22-37	5,50	0,45	7,5	2,2	0,1	0,3	10,1
B3	37-50	5,90	0,50	13,4	3,4	0,1	0,5	17,4

CUADRO 4. Microbiota total endémica presente en los suelos en estudio. P1, medianamente conservado (Arboleda de mango) P2, conservado (Arboleda de ficus), y P3, suelo agrícola (Cultivo intensivo).

Medios	Suelos empleados		
	P1	P2	P3
Microbiota total	3,2*10 ⁶	3,8*10 ⁶	3,6*10 ⁶
Rosa bengala (Hongos)	6,9*10 ³	6,2*10 ³	5,8*10 ³
Rojo Congo (Azospirillum)	4,2*10 ²	3,5*10 ²	3,0*10 ²
K.B. (<i>Pseudomona</i>)	5,2*10 ⁶	2,9*10 ⁶	2,8*10 ⁶
YMA (<i>Rhizobium</i>)	2,1*10 ²	2,9*10 ²	1,5*10 ²
SYP (Levaduras)	2,8*10 ⁶	2,9*10 ⁶	3,1*10 ⁶
CAA (Actinomicetos)	3,9*10 ²	2*10 ²	2,5*10 ²

CUADRO 5. Conteo de esporas del perfil bajo arboleda de mango (P1)

Individuo	R1	R2	x
Esporas necrosadas	113	61	87
Glomus sp4	47	44	45,5
Acaulospora sp 2	1	0	0,5
Gigaspora sp1	0	2	1
Total	161	107	134

R1 y R2: Réplicas utilizadas

CUADRO 6. Conteo de esporas del perfil bajo arboleda de ficus (P2)

Individuo	R1	R2	x
Glomus sp1 (hialino)	8	5	6,5
Sclerocystis sp1	7	15	11
Glomus sp2 (amarillo)	25	20	22,5
Acaulospora sp1	18	40	29
Glomus sp3 (Modicella like)	90	90	90
Total	148	170	159

CUADRO 7. Conteo de esporas del perfil bajo cultivo intensivo (P3).

Individuo	R1	R2	x
Esporas necrosadas	87	53	70
Glomus sp5	26	19	22,5
Acaulospora sp3	24	16	20
Gigaspora sp 2	8	2	5
Total	145	90	117,5

R1 y R2: Réplicas utilizadas

CUADRO 8. Conteo de micelios totales de HMA de los suelos estudiados.

Perfil	media	FC(0,000745)
P1	47,75	0,03557375
P2	45,75	0,03408375
P3	18,5	0,0137825

CUADRO 9. Resultado de la tinción de raíces efectuada a plantas presentes en los suelos en estudio.

Muestras	% Inf.	D. V	P.End.
P1	66	7,3725	18,01839
P1	75	8,255	20,17522
P2	95	19,525	282,4877
P2	98	25,46	368,3552
P3	14	0,965	2,75411
P3	18	0,88	2,51152

% Inf.: Porcentaje de Infección
D.V.: Densidad visual
P. End. : Peso del endófito

CUADRO 10. Extracción de glomalina presente en los suelos en estudio.

Muestras	Glomalina total (mcg ml ⁻¹)	Glomalina fácilmente extraíble (mcg ml ⁻¹)
P2	8 739	6 054
P2	8 492	3 198
P2	8 796	7 597
P2	8 206	7 368
Media	8,55	6 054
P1	7 508	1 999
P1	7 387	1 865
P1	6 226	2 303
P1	7 254	2 284
Media	7,09	2,11
P3	2 265	1 256
P3	2 913	2 475
P3	3 351	3 160

Se puede concluir que a medida que va siendo más intensa la acción antrópica, mayor serán las pérdidas en la estructura de los suelos, hasta un punto que conlleva a la degradación de los mismos, así como la pérdida en sus contenidos en MO, nutrimentos para las plantas y población microbiana en general. Quedando, en cuanto al estado de conservación de los suelos la siguiente secuencia: Suelo bajo arboleda de ficus > Suelo bajo arboleda de frutales > Suelo bajo cultivo intensivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Deckers, J., O. Spaargaren y F. Nachtergaele. 1998. Base referencial mundial del recurso suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 84. IISC, ISRIC, FAO. 90 p.
- Domingo, F., J. Olivé y C. Hooker, 1994. Watson. Efecto de diferentes hongos micorrízicos sobre la agregación y estabilidad del suelo. **In:** I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida. Av. Rovira Roure 177, 25198 Lérida.
- Febles J. 1999. Estrategias agroecológicas para la conservación de suelos. Conferencia del Programa de cursos de Maestría. UNAH. Habana. 143 p.
- Gerdermann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Espores of Mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Tras. Br. Mycol. Soc.* 46:235-244.
- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytologist*, 84:489-500.
- Hernández, A., M. O. Ascanio, Y. Borges and F. Morell. 2005. Some criteria about Global Soil Change in Cuba. **In:** International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México.
- Hernández, A., M. O. Ascanio, M. Morales, F. Morell y Y. Borges. 2006. Cambios globales en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol Ródicos, Eutricos) de la llanura roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 24(2):41-55.
- Hernández, A., J.M. Pérez, D. Bosch y L. Rivero. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, La Habana, 64 p.
- Herrera, R. A., E. Furrázola, A. R. Valdes, Y. Torres, R. L. Ferrer y F. Fernández 1995. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, evolución y procesos sociales (Eds. Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. Subprograma XII, diversidad biológica, Mérida.
- Kaurichev, F. y A. P. Mershin. 1984. Prácticas de Edafología. Editorial Mir. Moscú. 2 079 p.
- Luis, A. J. y J. Martín. 2003. Manual de Laboratorio. Métodos para el Análisis Químico y Físico de los Suelos. Universidad Agraria de la Habana. Facultad de Agronomía. Departamento de Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Departamento de Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. San José de las Lajas. 37 p.
- Martínez, A. C., G. Mauri y I. Alemán. 1982. Características biológicas de los principales suelos de Cuba II. Actividad de la invertasa y la ureasa. *Revista "Ciencias de la Agricultura"* N° 11:67-76.

- Martínez, A. C., G. Mauri y I. Chan. 1983a. Características biológicas de los principales suelos de Cuba I. Microbiota total. Revista "Ciencias de la Agricultura" N° 9:91-102.
- Martínez, A. C., G. Mauri y I. Chan. 1983b. Características biológicas de los principales suelos de Cuba III. Hongos y actinomicetos. Revista "Ciencias de la Agricultura" N° 15:59-65.
- Morell, F., Y. Borges y A. Hernández. 2004. Influencia del cambio de uso de la tierra en algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. **In:** XIV Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, 9-12 de Noviembre. 130 p.
- Olivé, J., C. Hooker y R. Watson. 1994. Efecto de diferentes higos micorrízicos sobre la agregación y estabilidad del suelo. **In:** I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- Paneque, V. M. 2002. Manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 130 p.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1975. Improved procedures for cleaning root and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Transfer. Britanic: Micology Society* 55:159-211.
- Purin, S. and M. C. Rillig. 2007. The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: Limitations, progress, and a new hypothesis for its function. *Pedobiologia* 51:123-130.
- Soil Survey Staff Soil Taxonomy. 2003. USDA, Second Edition, 890 p.
- Rosier, C. L. 2008. Intraradical protein and glomalin as a tool for quantifying arbuscular mycorrhizal root colonization. *Pedobiologia*, doi:10.1016/j.pedobi.2008.02.002.
- Rillig, M. C. and P. D. Steinberg. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification?. *Soil Biology & Biochemistry* 34 2002:1 371–1 374.
- Roldós, J. E. 1986. Algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar en Cuba. Resumen de tesis de doctor. La Habana. INICA. 32 p.
- Wright, S., K. Nichols, L. Jawson, L. McKenna and A. Almendras. 2001. Glomalin-manageable soil glue. *Soil Science Society Of America Special Publication Book*. Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm 07/8/02>
- Wright, F. F. and A. Upandhyaya. 1999. Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. *Mycorrhiza* 8:(28):3-285.
- Wright, S. F., V. S. Green, M. A. Cavigelli. 2007. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. *Soil & Tillage Research* 94:546-549.

EVALUACIÓN EN VIVERO DE TRES PATRONES PARA EL DESARROLLO DE LA NARANJA 'CRIOLLA' EN EL SECTOR MACANILLAS - CURIMAGUA

EVALUATION IN NURSERY OF THREE ROOTSTOCK FOR THE DEVELOPMENT OF THE 'CRIOLLA' ORANGE IN THE SECTOR MACANILLAS - CURIMAGUA

Tania Russián* y Julio Oropeza**

* Profesora. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda". Complejo Académico Ingeniero Agrónomo "José Rodolfo Bastidas", Intercomunal Coro - La Vela, El Hatillo. Email: aniarussian@yahoo.es

** Investigador. INIA. Estación Experimental Barinas. Email: julioropeza88@yahoo.es

RESUMEN

La naranja 'Criolla' de Curimagua, *Citrus sinensis*, se ha adaptado a las condiciones climáticas de la zona, al punto de presentar en la mayoría de los casos mejor relación sólidos solubles totales/acidez titulable, representando una alternativa atractiva para la renovación de plantas viejas. Los productores tienen plantaciones de Criolla y de Valencia; la primera a pié franco y la segunda sobre patrón Volkameriana y Cleopatra. Hasta ahora no existen investigaciones que señalen el comportamiento de la naranja 'Criolla' injertada. En tal sentido, en este trabajo se evaluó el efecto del patrón Volkameriana, citrumelo Swingle y Cleopatra en condiciones de vivero, para la propagación de la misma, estableciendo un ensayo completamente al azar con tres tratamientos (patrón), tres repeticiones y tres plantas por unidad experimental. Se determinó la longitud del injerto, número de hojas, y la relación diámetro del injerto/diámetro del patrón, así como longitud, peso fresco y peso seco de la raíz. Los resultados se analizaron con el programa estadístico InfoStat ($P < 0,05$). Se encontró que los patrones el Volkameriana y Cleopatra mostraron similar comportamiento en el crecimiento del injerto al compararlos con el citrumelo cuya longitud fue la menor. Sin embargo, la mayor relación Dp/Di se encontró en este último. Las determinaciones de longitud y peso fresco de la raíz fueron superiores en el Volkameriana, pero, el mayor peso seco se encontró además del Volkameriana y en el citrumelo Swingle.

Palabras Clave: *Citrus sinensis*; naranja 'Criolla'; patrones; vivero.

SUMMARY

The orange, *Citrus sinensis*, variety 'Criolla' of Curimagua, is adapted to the climatic conditions of this area, and it normally present high relations of total soluble solids (tss), titratable acidity (tta), and the tss/tta ratio, which made it an attractive alternative to be used in plant renovation programs. Normally, the farmers have plantations of 'Criolla' and of 'Valencia'; the first without grafted and the second on rootstock 'Volkameriana' and 'Cleopatra'. So far, at the present time, there is not report of grafted orange 'Criolla' behavior. In this work we evaluated the effect of different rootstock (Volkameriana, citrumelo Swingle, and Cleopatra) under nursery conditions, for the propagation of the variety 'Criolla', in a completely randomized design with three repetitions, and three plants in each experimental unit. The length of the graft, the number of leaves, and the ratio diameter of the graft/diameter rootstock (Dg/Dr), as well as the length, fresh weight and dry weight of the root, were measured. The results were analyzed using the InfoStat program ($P < 0.05$). It was found that the 'Volkameriana' and 'Cleopatra' shown similar effect in the growth from the graft, but both of them were significantly higher than the citrumelo, which shown the lowest longitude. However, the biggest ratio Dg/Dr was observed in citrumelo. The length and fresh weight of the root were superior in the 'Volkameriana', but the highest dry weight was observed in the Volkameriana and in the citrumelo Swingle.

Key Words: *Citrus sinensis*; orange 'Criolla'; rootstock; greenhouse.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela se denomina “naranja criolla” a una serie de selecciones de naranjas comunes *Citrus sinensis*, algunas de excelente calidad (criolla mejorada), de gran interés para la industrialización. En la descripción de una de ellas: “Criolla de Caripe”, se destaca la amplia adaptabilidad agroclimáticas de esta naranja, que hasta puede ser encontrada en el Valle de Caripe (Serpa, citado por Avilán *et al.*, 1992).

En la parte alta del estado Falcón, específicamente en Curimagua, se concentra la producción de naranja, principalmente la ‘Criolla’ y la ‘Valencia’. Las plantaciones existentes son viejas, por lo que se supone que la Criolla se ha adaptado a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

Por otra parte, se observa que los productores de Curimagua prefieren la naranja Valencia, debido a la alta demanda por el consumidor y por los altos precios en el mercado. Esta preferencia ha favorecido la sustitución de plantaciones de Criolla por Valencia. Sin embargo, la Criolla ha evolucionado en la zona, encontrándose plantas cuyos frutos presentan características de tamaño, porcentaje de jugo, grosor de la piel, similares a la Valencia; además, de presentar una mejor relación SST/acidez titulable (Russián, 2006).

Actualmente, se ha incrementado el interés por parte del Estado en apoyar a los productores para la renovación de sus plantaciones. No obstante, se conoce que las plantas de cítricos a pié franco tardan entre 6 y 8 años para iniciar la producción, mientras que utilizando la injertación se puede disminuir este tiempo a 4 años, por lo que pudiera aprovecharse esta oportunidad de formación de plantas nuevas, a través de la técnica de injertación reduciendo así el tiempo hasta cosecha.

Por otro lado, el comportamiento de los patrones varía en relación con su adaptabilidad a las condiciones climáticas, suelos, tolerancia a enfermedades y plagas, además de presentar una marcada influencia sobre el comportamiento del injerto y, por ende, en el vigor, precocidad, nivel de producción y la calidad de los frutos (Avilán *et al.*, 1986).

El conocimiento de un patrón de referencia de crecimiento vegetativo de una variedad, es importante debido a que sus características genéticas pueden inducir plantas de diferente capacidad de desarrollo en la parte aérea (Avilán, 1993). Sin embargo, en la fase de producción de plantas

es importante conocer el comportamiento de cada combinación variedad de la copa-patrón, pues sus interacciones afectan el desarrollo de la planta, acelerándolo o retardándolo, al presentar diferencias en la compatibilidad según las variedades injertadas (Schäfer, citado por Fochesato *et al.*, 2006). Además, la diversificación de los patrones, es una garantía de sobrevivencia de las plantas en caso de aparición de nuevas enfermedades (Fochesato *et al.*, 2006).

En tal sentido es preciso conocer la influencia de diferentes patrones sobre el cultivar que se desea propagar para poder dar una recomendación a los productores, siendo el objetivo de este estudio determinar el efecto del patrón ‘Volkameriana’, ‘Cleopatra’ y citrumelo ‘Swingle’ como patrón del naranjo Criolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el sector Macanillas, municipio Petit del estado Falcón que se encuentra a una altura de 800 m.s.n.m., aproximadamente, y bajo una temperatura promedio de 26 °C.

Se seleccionaron plantas de la variedad Criolla con características promisorias en cuanto a ausencia de síntomas de enfermedades, buen desarrollo del follaje y vigor, con el propósito de contar con suficiente material para suministrar las yemas necesarias, así como también nivel de producción y buena calidad del fruto en cuanto a la relación SST/acidez titulable.

Previo a la toma de las yemas (dos meses antes), se prepararon las plantas realizando una fertilización con vermicompost sólido a razón de 1,5 kg por planta, además, de una poda ligera para estimular la brotación.

Una vez que fueron seleccionadas las yemas se procedió a injertarlas sobre los patrones Volkameriana (Vol), Cleopatra (Cle) y citrumelo Swingle (Swi), los cuales se adquirieron en el vivero “La Trinidad”, estado Yaracuy.

Los patrones se mantuvieron en bolsas de polietileno de 4 kg, colocados a plena exposición solar, donde se realizó la injertación de tipo enchapado lateral. Se aplicó 500 g de vermicompost sólido por bolsa, al momento de la injertación y, posteriormente se fertilizó con vermicompost líquido a una concentración de 10% cada 30 días. El riego se realizó cada 3 d. El vermicompost usado presentó los siguientes valores: 0,28% de N; 9,0 ppm de P; 0,18 meq/l de K; 39,1 de Ca y 3,0 de Mg y un pH de 9.

El ensayo se mantuvo por 100 días después de la injertación y se llevaron a cabo las siguientes determinaciones:

Longitud del injerto: midiendo con un metro la longitud del injerto, cada 20 d y expresando el resultado en cm.

Tasa de emisión de hojas: por cociente simple entre el número de hojas inicial y el número de hojas al final del ensayo.

Número de hojas del brote: se realizó por conteo simple, al final del ensayo.

Diámetro del injerto y del patrón (Di/Dp): fue medido con un vernier al finalizar el ensayo.

El sistema radical, también se evaluó al final del ensayo; para ello se seleccionaron dos plantas/repetición, midiendo en cada una de ellas:

Longitud de la raíz principal: con cinta métrica y se expresó el resultado en cm.

Peso húmedo: se cortaron todas las raíces y se pesaron en una balanza digital, expresando el resultado en g.

Peso seco: colocando las raíces en bolsas de papel, identificadas y llevando a la estufa a 70 °C hasta peso constante. El resultado se expresó en g.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con 3 tratamientos (patrón) y 6 repeticiones, la unidad experimental fue de 3 plantas, para un total de 54 plantas. Los resultados se analizaron con el programa estadístico InfoStat, realizando los análisis de varianza correspondientes y aplicando una prueba de separación de medias de Duncan a las variables que resultaron estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la parte aérea

En la Figura se observa que hubo una tendencia de mayor crecimiento del injerto en los patrones Volkameriana y Cleopatra, cuando es comparado con el citrumelo Swingle. En los primeros 20 d el Volkameriana tuvo un crecimiento rápido pero, posteriormente el patrón Cleopatra alcanzó una altura similar, 100 días después del transplante (DDT). Los promedios fueron de 21,26 20,64 y 14,41 cm respectivamente para el Volkameriana, Cleopatra y citrumelo Swingle.

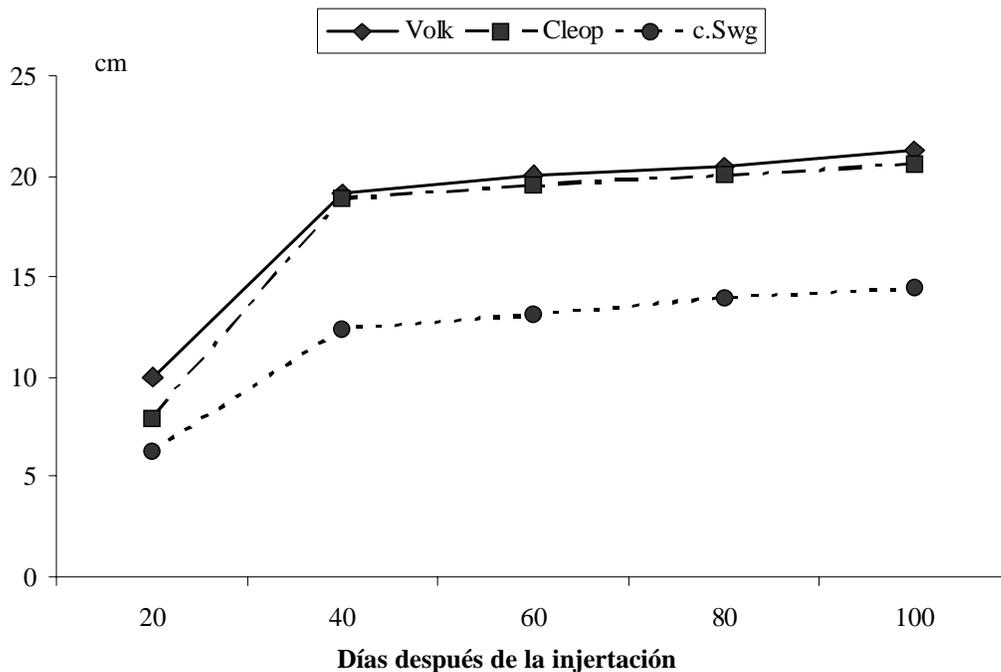


FIGURA. Efecto del patrón sobre la longitud del injerto de naranja 'Criolla'.

El Cuadro 1, muestra el número y tasa de emisión de hojas así como la relación Di/Dp del naranjo Criolla por efecto de los tres patrones, encontrándose diferencias significativas para las dos últimas variables. Con relación al número de hojas, no se encontraron diferencias estadísticas; sin embargo, el Cleopatra mostró el mayor promedio en hojas, mientras que el Swingle presentó el promedio más bajo (14 hojas).

De manera similar, el Cleopatra presentó una mayor influencia sobre la tasa de emisión de hojas, correspondiendo al grupo estadístico con mayor valor (0,49), seguido del citrumelo Swingle con un valor intermedio (0,37) y el Volkameriana con el menor promedio (0,32).

En la relación entre el diámetro de la relación Di/Dp se formaron dos grupos estadísticos, el primer grupo con el promedio más alto correspondiendo al Cleopatra con 0,74 y el segundo grupo con los patrones Volkameriana y citrumelo Swingle con 0,59 y 0,53, respectivamente.

Evaluación de la parte radical

Los resultados del efecto del patrón sobre el desarrollo radical se muestran en el Cuadro 2, encontrándose diferencias significativas en todas las variables evaluadas. La mayor longitud de la raíz principal se encontró en el Volkameriana, seguido del citrumelo Swingle y, en último lugar la Cleopatra. Esta tendencia se mantuvo en el peso seco formándose tres grupos estadísticamente diferentes el mayor valor correspondiente al Volkameriano, el intermedio con el citrumelo Swingle y el de menor promedio por la Cleopatra. Con relación al peso fresco se formaron dos grupos estadísticos, el de mayor promedio formado por el Volkameriano y el citrumelo Swingle y el de menor promedio por la Cleopatra.

La elección de un patrón para uso convencional constituye una difícil e importante decisión, que debe estar basada en las características y cualidades que éste presenta, tanto en la fase juvenil como en condiciones de campo.

El comportamiento de los patrones es variable en relación con su adaptabilidad a las condiciones climáticas, suelos, tolerancia a enfermedades y plagas, teniendo además marcada influencia sobre el comportamiento del injerto y, por ende, en el vigor, precocidad, nivel de producción y la calidad de los frutos.

En este estudio se encontró que en las condiciones de Macanillas-Curimagua, estado Falcón. El Volkameriana alcanzó mayor crecimiento en la naranja Criolla. Otras variedades de naranja dulce en zonas geográficas distintas han mostrado comportamiento similares. Así, Monteverde *et al.* (1996) en un estudio donde evaluó el naranjo Valencia sobre siete patrones (Cleopatra, Volkameriana, naranjo Agrio, citrange 'Carrizo', 'Citremón' 1449 y los citrumelos Swingle y 'Sacatón'), señaló que las plantas sobre el Volkameriana tuvieron un crecimiento de la copa, mayor que las que estaban en otros patrones, por su parte, el Swingle fue más consistente en su eficiencia.

De la misma manera, Colauto *et al.* (2005) evaluando naranja 'Folha Murcha' sobre seis patrones, entre ellos Volkameriana y Cleopatra, al norte de Paraná, Brasil, encontraron que si bien la altura y volumen de copa fueron significativamente superiores en las plantas injertadas sobre naranja 'Caipira', no hubo diferencias entre el Volkameriano y la Cleopatra.

CUADRO 1. Efecto del patrón sobre el número de hojas, tasa de emisión de hojas y relación diámetro del patrón/injerto de la naranja 'Criolla'.

Tratam.	N° de Hojas	D.E	Tasa emisión hojas	D.E	Di/Dp.	D.E
Volkameriana	15,78 a ¹	4,89	0,32 a	0,13	0,59 a	0,25
Cleopatra	17,33 a	3,24	0,49 b	0,19	0,74 b	0,14
Citrumelo Swingle	14,00 a	2,06	0,37 ab	0,14	0,53 a	0,35

Promedio de 6 repeticiones.

¹ Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0,05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

CUADRO 2. Efecto del patrón sobre la longitud, peso fresco y peso seco de la raíz.

Patrón	(cm)	Longitud	Fresco (g)	D.C	Peso	D.E
		D.E			Seco (g)	
Volkameriana	22,00 b ¹	2,00	68,25 c	8,15	29,95 b	0,50
Cleopatra	19,00 a	0,01	35,40 a	5,75	14,20 a	2,15
Citrumelo Swingle	20,00 ab	0,50	47,75 b	2,05	25,29 b	6,50

Promedio de 6 repeticiones.

¹ Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

De los patrones evaluados el citrumelo Swingle fue el que presentó los menores valores de altura del injerto y tasa de emisión de hojas. De manera similar, Escobedo (2003) ha señalado que en cítricos, el naranjo trifoliado, y en menor grado sus híbridos, reducen el tamaño de copa de las especies y/o cultivares injertados sobre ellos, en comparación con los otros patrones.

Asimismo, Monteverde *et al.* (2005) en un estudio donde evaluaron la naranja California sobre 10 patrones diferentes observaron que los árboles con mayor altura y diámetro de la copa al final del período de seis años, fueron los injertados sobre Cleopatra, Volkameriano, ‘Rugoso’, ‘Taiwanica’, e ‘Híbrido cajero’, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero los árboles en Swingle a pesar de tener menor altura que los patrones mencionados, tuvo un diámetro de copa estadísticamente similar a los de mayor diámetro. Concluyendo que el Swingle y Cleopatra ofrecen mayores ventajas cuando se comparan con los otros patrones, por lo que serían los recomendados para el área en estudio.

En sus trabajos, Mourão *et al.* (1998) demostraron que las plantas injertadas sobre lima Rangpur y citrumelo Swingle presentaron la mejor tasa de crecimiento expresada en altura de la planta y diámetro del tallo que las de mandarina Cleopatra aún cuando ellos evaluaron cinco sustratos incluyendo abonos orgánicos, en todos los casos el comportamiento fue el señalado.

El citrumelo Swingle presentó el valor menor de la relación injerto/patrón, seguido del Volkameriana, esta variable es importante puesto que siendo el patrón la base donde se desarrollará la copa (injerto) no deberán existir limitaciones para la conducción de las sustancias nutritivas desde la raíz.

El sistema radical de los árboles cítricos tiene el potencial genético para un extenso desarrollo, aún cuando su alcance está influenciado por el patrón y/o la relación patrón/injerto. La adaptabilidad de los diferentes patrones puede ser atribuida a la variación en la profundidad que pueda alcanzar el sistema radical, la densidad y la distribución (Castley Krezdorn, 1977; Castthle y Yotsey, 1977; Castle, 1978; Castle y Phillips, 1980).

En este estudio, se encontró que el patrón Volkameriana presentó la mayor longitud, así como el mayor peso fresco, seguido del citrumelo Swingle y en último lugar la Cleopatra. Resultados similares han sido mostradas por Avilan *et al.* (1986).

Del mismo modo, otras investigaciones evaluando el crecimiento a nivel de vivero de los patrones citranges Carrizo, Troyer y Uvalde, citrumelo 4475 y Sacaton, *Citrus taiwanica*, limón Cravo, limón Rugoso, *Citrus sunki* Hort, limón *C. volkameriana*, Cleopatra, calificaron como patrones más vigorosos al *C. volkameriana*, limón Rugoso, limón *Cravo* y citrumelo 4475. Como medianamente vigorosos; *C. Troyer*, *C. Carrizo*, *C. Sunki*, *C. taiwanica*, y los de inferior comportamiento en cuanto a vigor la ‘Cleopatra’ (Reyes y Ruiz, 1984).

No obstante, en relación al peso seco de la raíz los patrones Volkameriano y citrumelo Swingle, mostraron el mayor valor y, en último lugar la Cleopatra. De manera similar, Girardi y Alves (2006) evaluaron la producción de naranja ‘Pera’ injertada sobre los portainjertos incompatibles citrumelo Swingle y limón Volkameriano utilizando como interinjerto las naranjas Valencia y ‘Hamlin’, encontrando que el citrumelo Swingle tuvo el mayor peso fresco y seco del sistema radical.

CONCLUSIONES

En relación al efecto del patrón sobre la longitud del injerto de la naranja Criolla, hubo un comportamiento similar en el crecimiento entre los patrones Volkameriana y Cleopatra, quienes resultaron de mayor longitud y número de hojas. No obstante, con relación a la parte radical el citrumelo Swingle mostró promedios mayores a la Cleopatra, por cual es importante pues al ser un patrón que indujo un porte bajo a la naranja Criolla, posee un buen sistema radical en cuanto a longitud y peso de la raíz, lo que garantizaría un suministro adecuado de agua y nutrimentos de la planta, sin embargo, se recomienda continuar la investigación en la fase de campo a fin de comprobar la adaptación a las condiciones del suelo de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Avilán R, L. 1993. El Patrón y su Importancia en la Fruticultura. Fonaiap- Ceniap. Maracay. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga>.
- Avilán, L., F. Leal y D. Bautista. 1992. Manual de fruticultura. Principios y manejo de la producción. Editorial América. 2^{da} edición. Tomo II. Caracas Venezuela. 1203-1319 p.
- Avilán L., C. Velarde C. y L. Meneses. 1986. Distribución del Sistema Radical de los Patrones de Cítricos Naranja Agrio (*Citrus aurantium* L.) Cleopatra (*C. Reshni hort, ex tan*) y Volkameriana (*C. volkameriana* pasq.) *Agronomía Trop.* 36(4-6): 97-113 Disponible en: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop>
- Castle, W. and H. Krezdorn. 1977. Soil water use and apparent root efficiencies of citrus trees on four rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (EE.UU.) 102(4):403-406.
- Castle, W. and Ch. Youtsey. 1977. Root system characteristics of citrus nursery trees. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* (EE.UU.) 90:39-44.
- Castle, W. 1978. Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 6:269 p.
- Castle, W. y R. Phillips. 1980. Performance of 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' orange trees of eighteen rootstocks in a closely spaced planting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (EE.UU.) 105(4):496-499.
- Colauto S., N. M., C. S. Vieira J., Ma. G. Nilo G., M. B. Dos Santos S. y J. C. Gomes. 2005. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos da laranjeira 'Folha Murcha' sobre seis porta-enxertos no Norte do Paraná. *Ciência Rural.* 35(6):1281-1286.
- Escobedo A, J. 2003. Conceptos Básicos de Fruticultura. Disponible en: <http://www.sira-arequipa.org.pe/principal/inftecnica/manuales/fruticultura>.
- Fochesato, M. L., P. V. Dutra de S., G. Schäfer y H. Schmatz M. 2006. Produção de mudas cítricas em diferentes porta-enxertos e substratos comerciais. *Ciência Rural.* 36(5):1397-1403. Disponible en: www.scielo.br/scielo. [18 de enero de 2007]
- Girardi, E. A. y F. de A. Alves M. F. 2006. Production of interstocked 'pera' sweet orange nursery trees on 'volkameriano' lemon and 'swingle' citrumelo rootstocks. *Sci. Agric.* 63(1):5-10.
- Monteverde, E. 1996. Evaluación del Naranja 'Valencia' sobre siete patrones en Valles Altos de Carabobo-Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop.* 46(4):391-393.
- Monteverde E. E., G. Laborem E., W. Avilán, J. R. Ruiz y M. Rodríguez. 2005. Evaluación del naranjo California (Washington Navel) *Citrus sisnensis* Obs. sobre diez portainjertos en los valles altos de Carabobo-Venezuela. 1994-2000 *Agronomía Trop.* 55(2):265-288.
- Mourão F. F. A. Dias C. T. S y A.A. Salibe. 1998. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de laranjeira 'Pera' *Sci. Agric.* (55)1:35-42. Disponible en: www.scielo.br/scielo. [18 de enero de 2007]
- Reyes, F. y J. Ruiz. 1983. Desarrollo en el Vivero de Patrones de Cítricas Tolerantes a tristeza. *Fonaiap Divulga.* 3:1-3p.
- Russión, T. 2006. Calidad del fruto en accesiones de naranja 'Criolla' y 'Valencia' en el sector macanillas-Curimagua, estado Falcón. *Agronomía Tropical* 56(3):415-432.

EFEECTO DEL DESPUNTADO, PODA Y PACLOBUTRAZOL, SOBRE LA BROTACIÓN VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA DE CUATRO CULTIVARES DE MANGO¹

THE EFFECT OF APICAL BUD REMOVED, PRUNING AND PACLOBUTRAZOL ON VEGETATIVE BUD-BREAK AND FLOWERING OF FOUR CULTIVARS OF MANGO¹

Rosa Ana Pavone*, Luis Avilán** y Lusbi Herrera***

¹Trabajo financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT-ULA) a través del proyecto, Código: NURR-C-277-00-01-C.

* Profesora. Universidad de los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Trujillo, Venezuela. E-mail: roxym@hotmai.com.

** Investigador jubilado. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. *** Profesor. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.

RESUMEN

Se estudió el efecto de rebrote ocasionado por el despunte de las ramas, combinado con los tratamientos de poda y Paclobutrazol (PBZ) en el desarrollo vegetativo y reproductivo del mango, *Mangifera indica* L., en la región centro-norte de Venezuela (10°17'N y 67°37'W) descrita como bosque seco tropical, con árboles en período de crecimiento (6-9 años), de los cultivares Haden, Edward, Springfels y Tommy Atkins, injertados sobre patrón Criollo inductor de bajo porte, y sembrados a 6m x 6m (278 pl h⁻¹). Los subtratamientos de: Con despunte y Sin despunte de las ramas se combinaron con los tratamientos: Plantas testigo (Sin Poda); Plantas Sin Poda + PBZ; Plantas Podadas a 2,5 m de altura; Plantas Podadas (2,5m de altura) + PBZ; Plantas Podadas (2,5 m de altura) + Poda lateral; Plantas Podadas (2,5m de altura) + Entresaque. Se empleó un arreglo factorial en bloques al azar con parcelas subdivididas (Despunte), con tres repeticiones para un total de 72 plantas. Se aplicó nitrato de potasio como inductor floral. Los resultados señalan que la Poda a diferentes niveles, sumada a la aplicación de PBZ, permite un control del tamaño de la planta y estimula la emergencia de brotes primarios y secundarios. Además el Despunte estimuló la actividad meristemática, favoreciendo la formación de nuevos brotes vegetativos, con más entrenudos, pero, sin afectar la longitud de estos, incrementándose el número y longitud de los tirso.

Palabras Clave: brotes florales; brotes vegetativos; entrenudos; mango, *Mangifera indica* L.; poda.

SUMMARY

Field studies were conducted to evaluate the effects of Paclobutrazol (PBZ) and pruning on the growth and development of mango, *Mangifera indica* L. The experiments were performed in the North-central region of Venezuela, in a ecozone characterized as a Tropical Dry Forest. The experimental site was an orchard consisted of 6-9 year old mango trees belonging to the cultivars Haden, Edward, Springfels and Tommy Atkins, grafted on the 'Criollo' dwarfing rootstock, and planted 6m x 6m apart (278 pl h⁻¹). The treatments were a combination of remotion or not of apical, pruning, and application of PBZ: 1) No pruning (control), 2) No pruning + PBZ, 3) 2 m high pruning, 4) 2 m high pruning + PBZ, 5) 2 m high pruning + lateral pruning, 6) 2 m high pruning + thinning. A factorial experiment (6 treatments x 4 cultivars) with three replication was set up in a split-plot randomized complete block design, with treatments as main plot and apical bud removal as a subplot. All trees received potassium nitrate as flowering regulator. The results shown that the different pruning treatments combined with PBZ controlled the size plant, and stimulate developing of new shoots. Also the apical bud remotion, stimulated the developing of more and larger new shoots with more internodes, while no alterations were found on internodes length. Either increasing the number and size of inflorescences.

Key Words: Inflorescences; internodes; mango; *Mangifera indica* L.; pruning; shoots.

INTRODUCCIÓN

El mango, *Mangifera indica* L., es uno de los principales frutales de origen tropical cultivado en el mundo, que ha despertado en las últimas décadas un mayor interés y aceptación, particularmente en los países de clima templado. La obtención de algunos cultivares en el estado de Florida, con características organolépticas altamente atractivas, lo ha hecho más competitivo y aceptado a nivel mundial; por lo que el cultivo se ha orientado hacia estos cultivares, principalmente con fines de exportación (Avilán y Leal, 1996).

La implementación de siembras de alta densidad, con plantas de tamaño reducido, en contraposición con los tradicionales huertos, de plantas grandes y baja población, ha determinado la obtención de extraordinarios incrementos de la productividad en especies de clima templado y subtropical (Barbosa *et al.*, 1989), por lo que la investigación se ha encaminado hacia la consecución de plantas con un menor desarrollo vegetativo, y hacia técnicas que permitan controlar dicho desarrollo, tales como cultivares de tamaño reducido, la aplicación de reguladores de crecimiento y de poda, hasta ahora poco utilizadas en plantas de origen tropical (Avilán, 2000).

En Venezuela la investigación ha sido orientada hacia el uso de cultivares de bajo porte y la aplicación de técnicas de poda, combinadas con la utilización de reguladores de crecimiento (Paclobutrazol, PBZ) y patrones inductores de bajo porte. Siendo escasa la investigación referente al uso de la poda, como práctica rutinaria para lograr un equilibrio entre crecimiento vegetativo y reproductivo, con la finalidad de controlar y reducir el tamaño de la planta y así incrementar la población por unidad de superficie (Cárdenas y Rojas, 2003; Avilán *et al.*, 2000; Rojas, 1998).

En el trabajo se exploró el efecto individual y combinado, de la poda y del Paclobutrazol, sobre la brotación vegetativa y reproductiva, en particular en cuanto al número y longitud de brotes vegetativos primarios y secundarios producidos y sobre el número y longitud de los entrenudos, así como en las inflorescencias, de cuatro cultivares comerciales de mango (Haden, Edward, Springfels y Tommy Atkins), sembrados con alta densidad poblacional (278 pl ha⁻¹), durante dos períodos sucesivos de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los campos experimentales del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias

(CENIAP-INIA) ubicado en El Limón, Maracay, Venezuela, en la región centro norte del país (10° 17' N. y 67° 37' W., a 455 m.s.n.m.). Correspondiente a un área de transición entre bosque seco premontano y bosque seco del piso tropical, con una precipitación promedio de 850 a 1000 mm anuales, concentrados en los meses de mayo a octubre, temperatura media de 24 a 26 °C (Ewel *et al.*, 1976) y suelos de mediana fertilidad, clasificados dentro del Orden Entisol.

El período experimental abarcó dos ciclos de crecimiento (1997-1998 y 1998-1999) y se llevó a cabo en plantas de mango con una edad aproximada de 6 años, de los cultivares monoembriónicos: Haden, Edward, Springfels y Tommy Atkins, (Knight y Schnell, 1994; López-Valenzuela *et al.*, 1997; Aron *et al.*, 1998), injertados sobre patrón criollo inductor de bajo porte (Avilán *et al.* 1996).

Se emplearon 72 plantas, correspondiendo 18 a cada cultivar, sembradas a una distancia de 6 m entre sí (278 plantas ha⁻¹). El arreglo de las unidades experimentales en el campo, correspondió a un factorial 4 x 6 (4 cultivares y 6 tratamientos), en bloques al azar, con tres repeticiones. Se aplicaron los siguientes tratamientos: T1 (Plantas testigo, Sin Poda), T2 (Plantas sin Poda con aplicación de PBZ), T3 (Plantas Podadas a 2,5 m de altura), T4 (Plantas Podadas a 2,5 m de altura + PBZ), T5 (Plantas Podadas a 2,5 m de altura + Poda lateral) y T6 (Plantas Podadas a 2,5 m de altura + Entresaque). Se utilizó Paclobutrazol (Cultar, PBZ), en emulsión al 25% de ingrediente activo, aplicado en solución, directamente al suelo en dosis de 2,5 g de sustancia activa (g. i. a.) por árbol. Se disolvió el producto en 3 litros de agua y se aplicó alrededor del árbol en forma circular a 1,5 m de distancia del tronco. Se aplicó Nitrato de Potasio al 2%, en aspersión foliar, como inductor floral a todas las plantas.

Después de aplicar los tratamientos de Poda y PBZ, fueron seleccionadas 6 ramas en cada árbol para el subtratamiento de Despunte: 3 ramas Despuntadas y 3 ramas sin Despuntar. Se escogieron ramas con un mismo estado de desarrollo y aproximadamente del mismo diámetro de tallo, ubicadas uniformemente alrededor de la copa del árbol y a la misma altura de la planta. En el caso de los tratamientos Sin Poda (T1 y T2), se seleccionaron como ramas despuntadas aquellas que hubieran sido cortadas al realizar la limpieza entre calles y correspondieran a la orientación y características deseadas. Transcurridos aproximadamente 10 meses, se realizaron las siguientes mediciones en las ramas marcadas, despuntadas y sin

despuntar: número y longitud de los brotes vegetativos y de los entrenudos formados y número y longitud de panículas florales (tirso).

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SANEST, y para las discriminaciones de medias se utilizó la prueba de medias de Rango Múltiple de Duncan a una probabilidad de 0,05. Debido a que este experimento se llevó a cabo durante 2 años. Se consideró como causa de variación el despunte de las ramas y se analizó conjuntamente como un diseño en parcelas sub-divididas en el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se aprecia un significativo estímulo de la Poda sobre el número y longitud de los brotes primarios, aunque sin diferencia significativa entre los tratamientos de Poda, ni para la aplicación de PBZ conjuntamente con la Poda, posiblemente porque su efecto restrictivo se neutralizó con el estímulo causado por la Poda sobre el crecimiento. Por otra parte en las plantas Sin Podar la aplicación de PBZ redujo significativamente el número de brotes primarios, pudiéndose atribuir esta disminución, al efecto de restricción sobre el crecimiento ocasionado por el regulador, mientras que el número de brotes secundarios no resultó afectado por los tratamientos. La apli-

cación de PBZ, se refleja en una reducción de la longitud de los brotes, con respecto a los tratamientos similares sin PBZ, aunque a niveles no significativos.

Medina-Urrutia (1994), señaló respuestas similares aplicando Poda y PBZ en 'Tommy Atkins'; sin embargo, observó un incremento del número de brotes vegetativos emergidos a medida que se incrementaba la severidad de la poda. Igual respuesta encontraron Rojas y Leal (1997) en mangos Haden, observando un incremento de la actividad vegetativa en respuesta a la intensidad de la Poda, tal como era de esperarse, siendo esto ocasionado por el rompimiento del reposo de las yemas secundarias, en los meses siguientes a la Poda.

Según lo observado los tratamientos de Poda estimulan la emergencia de Brotes primarios, así como su crecimiento en longitud; mientras que la aplicación de PBZ, no afecta el número de brotes emergidos en las ramas podadas, pero si lo reduce de manera significativa en las ramas No Podadas; no afectando la aparición de brotes secundarios.

En cuanto al número y longitud de los entrenudos (Cuadro 1), ambos se incrementaron significativamente al ser aplicada la Poda en cualquiera de sus intensidades, evidenciándose el ya señalado efecto de estímulo de la Poda sobre el crecimiento vegetativo.

CUADRO 1. Variables biométricas de los brotes vegetativos y florales de árboles de mango sometidos a los tratamientos de Poda y PBZ.

Tratamientos	Nº de brotes primarios x rama		Nº de brotes secundarios x rama		Longitud de brotes		Nº de entrenudos		Longitud de entrenudos	
T1(Sin Poda)	3,3	b	0,44	a	22,48	b	5,79	b c	14,9	c
T2(Sin Poda+PBZ)	2,6	b c	0,23	a	20,06	b	4,29	c	14,2	c
T3(Poda h)	3,8	a b	0,58	a	33,89	a	7,43	a b	20,2	a
T4(Poda h+PBZ)	3,8	a b	0,62	a	31,04	a	7,66	a	18,0	b
T5(Poda h+Poda Lat.)	3,7	a b	0,50	a	34,58	a	7,98	a	18,3	b
T6(Poda h+Entres.)	3,7	a b	0,66	a	31,85	a	8,32	a	17,4	b

Letras iguales: no existen diferencias significativas

Letras diferentes: existen diferencias significativas

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

El número de entrenudos corresponde a la sumatoria de los brotes primarios y secundarios

Por su parte, el número de entrenudos se redujo con la aplicación de PBZ a las plantas sin podar (T2), presentándose en este tratamiento el menor número y la menor longitud de los mismos; pero este efecto no se observa al aplicar PBZ a las plantas podadas (T4). La longitud de los entrenudos parece ser afectada por la aplicación de la Poda mas no, por el tipo o intensidad de esta o por la aplicación de PBZ, mientras que el número de entrenudos se mostró sensible a la aplicación del PBZ en plantas No Podadas, mas no, en las plantas Podadas.

En lo que respecta al número y longitud de los brotes florales (Tirsos) producidos por rama en el Cuadro 2 se observa que el uso del PBZ incrementó de manera significativa el número de tirsos en las plantas que no recibieron tratamiento de Poda (T2), con respecto a las plantas testigo (T1). En los árboles podados el PBZ incrementó ligeramente el número de tirsos, aunque a niveles no significativos, sin embargo la longitud de los tirsos, se redujo significativamente al aplicar PBZ a las plantas podadas, en relación a las plantas podadas que no recibieron el producto, reduciéndose aún más al incrementarse la severidad de la Poda. Puede de igual manera apreciarse que la longitud de los tirsos no difiere estadísticamente en los árboles sin Poda, aunque fue ligeramente superior en los que recibieron PBZ, pero a niveles no significativos.

CUADRO 2. Valores medios de las variables biométricas de los brotes reproductivos (Tirsos), para los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Números de tirsos	Longitud de los tirsos
T1 (Sin Poda)	0,54 c	23,12 a b
T2 (Sin Poda+PBZ)	0,92 a b	26,65 a b
T3 (Poda)	1,05 a	29,22 a
T4 (Poda+PBZ)	1,12 a	25,69 a b
T5 (Poda h+Poda Lat.)	0,54 c	19,91 b
T6 (Poda h+Entres.)	0,71 bc	22,20 a b

Letras iguales: no existen diferencias significativas
 Letras diferentes: existen diferencias significativas
 Nivel de significación $\alpha = 0, 05$

Es sus trabajos Rojas y Leal (1997), señalan que a medida que la Poda aumenta, esto ocasiona una inhibición de la floración, siendo este efecto significativo para la densidad de brotes mixtos y florales, lo cual podría atribuirse al efecto antagónico entre el crecimiento vegetativo y el

crecimiento reproductivo; tal como lo indica Rojas (1998), al señalar el efecto restrictivo de la Poda sobre la brotación floral, habiendo observado en los tratamientos de Poda severa, una reducción acentuada de la densidad, tanto de los brotes generativos como florales, cuando no se aplicó PBZ, el cual revirtió parcialmente el efecto adverso de la Poda.

Por su parte Avilán *et al.* (2005) plantean que al aplicar Poda, además del grado de severidad o intensidad de la misma, se debe considerar la utilización de un regulador de crecimiento y un promotor de la floración para controlar y minimizar la respuesta de la planta.

De manera semejante los resultados del trabajo reflejan una significativa reducción de la longitud de los tirsos en las plantas podadas que recibieron PBZ, con respecto a la Poda sola, apreciándose una mayor reducción de esta variable a medida que la Poda se hizo más drástica; tal como lo señalan Cárdenas y Rojas (2003), al indicar que la reducción de esta variable, cuando la Poda es acompañada con PBZ, corrobora la actividad antigiberelínica del producto, además observó con el PBZ una reducción considerable de la longitud de las inflorescencias ubicadas en las partes baja y media de la copa, mientras que las de la zona superior fueron menos afectadas.

Así mismo, Avilán *et al.* (2003) encontraron que la poda independientemente de la intensidad y del cultivar retrasan el inicio de la floración.

Al analizar la respuesta en Brotación por Cultivares (Cuadro 3), se aprecia que ésta no difiere significativamente para el número de brotes primarios y secundarios, ni para el largo de los brotes. Observándose en contraste diferencias significativas para el número y largo de los entrenudos. Haden presentó un mayor número de entrenudos (8,3), pero, una menor longitud de estos (15,1 cm) y en el otro extremo Tommy Atkins con un menor número de entrenudos (6,0) pero de mayor longitud (19,9 cm).

En el mismo cuadro se observa que en relación al número y longitud de los tirsos, Springfels y Tommy Atkins presentan un mayor número y longitud de los mismos, mientras que Haden y Edward presentan valores significativamente menores.

En los sub-tratamientos de Despunte (Cuadro 4), al aplicar el Despunte, este incrementó el número y longitud de los brotes primarios y secundarios, igualmente se aprecia un aumento en el número de entrenudos, pero sin incrementarse su longitud.

CUADRO 3. Variables biométricas de los brotes vegetativos y florales de árboles de mango, de los cultivares en estudio.

Cultivar	Nº de brotes primarios	Nº de brotes secundarios	Longitud de brotes	Número entrenudos	Longitud entren.	Nº tirsos	Long. tirsos
'HADEN'	3,6 a	0,70 a	29,1 a	8,3 a	15,1 c	0,6 b	17,3 b
'EDWARD'	3,4 a	0,34 a	29,0 a	7,0 a b	15,6 c	0,5 b	21,8 b
'SPRINGFELS'	3,5 a	0,52 a	28,0 a	6,4 b	18,2 b	1,2 a	29,9 a
'T. ATKINS'	3,5 a	0,45 a	29,7 a	6,0 b	19,9 a	1,0 a	29,0 a

En el sentido de las columnas los valores promedio, acompañados con la misma letra, son iguales estadísticamente, según la prueba de medias de Duncan, al 5% de probabilidad.

Los valores, son promedio de todos los tratamientos y de los cuatro cultivares, para dos años.

En relación a la brotación reproductiva puede observarse en el mismo cuadro que el número y longitud de los tirsos, fue estadísticamente superior en las ramas Despuntadas que en las No Despuntadas. Lo antes analizado corrobora que el Despunte de las ramas, tal como lo señalan Medina-Urrutia (1994) con Tommy Atkins y Avilán *et al.* (2003) con Haden, produce un efecto de estímulo sobre la actividad meristemática, tanto vegetativa como reproductiva, lo cual favorece la formación de nuevos brotes y de mayor longitud en las ramas podadas.

CONCLUSIONES

- La longitud de los entrenudos se incrementó con la aplicación de la Poda más no, por el tipo de esta o por la aplicación de PBZ, mientras que el número de entrenudos disminuyó con la aplicación de PBZ en

las plantas No Podadas, más no en las plantas Podadas.

- El PBZ incrementó de manera significativa el número de tirsos por rama, en las plantas No Podadas, pero no afectó su longitud.
- El despunte de las ramas produjo efecto de estímulo sobre la actividad meristemática, tanto vegetativa como reproductiva; determinando un mayor número de brotes vegetativos primarios y secundarios, de mayor longitud y con un mayor número de entrenudos, no siendo afectada la longitud de los entrenudos; este efecto fue superior en los árboles Podados que en los No Podados. Igualmente se vio incrementado el número y la longitud de los tirsos.

CUADRO 4. Valores promedio de algunas variables biométricas de los brotes vegetativos y florales, obtenidos en ramas Despuntadas y sin Despuntar.

Tratamiento	Nº de brotes primarios	Nº de brotes secundarios	Longitud brotes	Números entrenudos	Longitud entrenudos	Nº tirsos	Long. tirsos
Despuntados	4,21 a	0,73 a	31,14 a	8,78 a	17,29 a	0,95 a	28,50 a
Sin Despuntar	2,81 b	0,28 b	26,81 b	5,04 b	17,06 a	0,68 b	20,44 b

En el sentido de las columnas los valores promedio, acompañados con la misma letra, son iguales estadísticamente, según la prueba de medias de Duncan, al 5% de probabilidad.

-Los valores, son promedio de todos los tratamientos y de los cuatro cultivares, para dos años.

- La emergencia de brotes primarios, después del despunte y su alargamiento, fue estimulada por la Poda, la cual promovió la formación de un mayor número de brotes y de mayor longitud; no viéndose afectada por la intensidad de la Poda, ni por la aplicación de PBZ.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA y la Facultad de Agronomía de la UCV.

BIBLIOGRAFÍA

- Aron, Y., H. Czosnek and S. Gazit. 1998. Polyembryony in Mango (*Mangifera indica* L.) is Controlled by a Single Dominant Gene. *HortScience* 33:1 241-1 242.
- Avilán R., L. 2000. Manejo de Altas Densidades de Población en Frutales Tropicales Perennes de Tipo Arbóreo. **In:** Memorias VII Congreso Nacional de Frutales. UNET. San Cristóbal. Venezuela. 19-28 p.
- Avilán, R., L. y F. Leal. 1996. El comercio mundial de frutales y las perspectivas de la Fruticultura Nacional. Instituto de Investigaciones Agronómicas, CENIAP-FONAIAP. Maracay. 36 p.
- Avilán, R., L., M. Rodríguez, J. Ruiz y C. Marín. 1996. Selección de patrones para mango. Instituto de Investigaciones Agronómicas. CENIAP-FONAIAP. Maracay. 24 p.
- Avilán, R., L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2000. Comportamiento de los Brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, Paclobutrazol y Nitrato de Potasio. *Agronomía Trop.* 50(3):347-360.
- Avilán, R., L., M. Askue, E. Soto, M. Rodríguez, J. Ruiz y H. Escalante. 2003. Efecto de la poda y el empleo de un regulador de crecimiento sobre el inicio de la floración en mango. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 20:430-442.
- Avilán, R., L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Producción forzada de mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad (278 pl/ha) durante el período de crecimiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 22:99-111.
- Barbosa, W., F. A. Campo-Dall'Orto e M. Ojima. 1989. O pessegueiro no sistema de pomar compacto: I. Conjeturas, experimentação e prática. *O Agrônomo (Campinas)* 41:26-39.
- Cárdenas, K. y E. Rojas. 2003. Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. *Bioagro* 15:83-90.
- Ewel, J., A. Madriz y J. A. Tosi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. FONAIAP. Ed. Sucre. Caracas. 270 p.
- Knight, R. J. and R. J. Schnell. 1994. Mango Introduction in Florida and the Haden Cultivar's Significance to the Modern Industry. *Economic Botany* 48:139-145.
- López-Valenzuela, J. A., O. Martínez and O. Paredes-López. 1997. Geographic Differentiation and Embryo Type Identification in *Mangifera indica* L. Cultivars Using RAPD Markers. *HortScience* 32:1 105-1 108.
- Medina-Urrutia, V. M. 1994. Poda y Paclobutrazol afectan el crecimiento y producción de árboles jóvenes de mango 'Tommy Atkins'. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 38:50-55.
- Rojas, E. 1998. La Poda y el Paclobutrazol en la Brotación Floral y Vegetativa del mango cv. Haden. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 42:222-225.
- Rojas, E., and F. Leal. 1997. Effects of pruning and potassium nitrate spray on floral and vegetative bud break of mango cv. Haden. *Acta Horticulturae* 455:522-529.

SWEET-CORN PRODUCTION IN THE RIOVERDE REGION, SAN LUIS POTOSI, MEXICO

PRODUCCIÓN DE MAÍZ, PARA ELOTE EN LA REGIÓN DE RÍOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

PRODUÇÃO DE MILHO PARA CONSERVA EM NA REGIÃO DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Hilario Charcas-Salazar*· Juan R. Aguirre-Rivera** and Héctor M. Durán-García*

* Profesores. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Av. Dr. Manuel Nava 8 – 78290, México.

** Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Altair 200. Fraccionamiento del Llano. 78377. Email: hilario@uaslp.mx

SUMMARY

In the state of San Luis Potosi Mexico, a land extent of 29022 hectares to produce maize, *Zea mays* L., under irrigation management are cultivated every year; from these 21 079 hectares (72.6%) are used for grain production, and 7 943 (27.4%) for sweet-corn. 99.7% of the surface used for sweet-corn is located in the Rioverde region, in communal plots of 3 hectares in average, where the corn is planted in crop rotation with chili, *Capsicum annum* L., tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill., tree tomato, *Physalis philadelphica* Lam., and squash, *Cucurbita* spp. Sweet-corn production is obtained with cultivars and traditional culture techniques; however, the productivity and profitability is lower than in other regions of the country. The objective of this work was to analyze the production system of sweet-corn and to know its limitative factors. To collect the information, farmers from the region were interviewed to summarize the cultural practices: the data was sorted and classified through multivariate analysis. The results shown that sweetcorn production system is under a process of transition from traditional to intensive. Also we found that the farmers with the best results, normally use low plant density, apply nitrogen fertilizers opportunely and adequately, and sell the harvest before or after the majority of producers.

Key Words: Development of agriculture; traditional agriculture; cropping systems; traditional agricultural systems; *Zea mays* L.

RESUMEN

En el estado de San Luis Potosí, México, anualmente se cultivan 29022 ha de maíz, *Zea mays* L., bajo riego, de las cuales 21079 (72,6%) se destinan para la producción de grano y 7943 (27,4%) para elote. El 99,7% de la superficie para elote se localiza en la región de Río Verde, en parcelas ejidales de 3 ha en promedio, en rotación con chile, *Capsicum annum* L., jitomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., tomate, *Physalis ixocarpa* Brot y calabacita, *Cucurbita* spp. La producción de elote se obtiene con cultivares criollos y técnicas tradicionales de cultivo, con niveles de productividad y rentabilidad inferiores a los de otras regiones del país. El objetivo del trabajo fue analizar el sistema de producción de maíz para elote, y reconocer sus factores limitativos. El estudio consistió en una encuesta entre los agricultores de la región. La información sintetiza las prácticas de cultivo; luego se ordenan y clasifican mediante análisis multivariable. Los resultados indican que la producción de elote se encuentra en un proceso de transición de tradicional a intensiva. Los productores con mejores resultados usan densidades de población bajas, aplican oportuna y moderadamente fertilizantes nitrogenados y venden el elote antes o después del resto de los productores.

Palabras Clave: Evolución de la agricultura; agricultura tradicional; sistemas de cultivo; sistemas agrícolas tradicionales; *Zea mays* L.

RESUMO

No estado de San Luis Potosí, México, anualmente se cultivam 29022 ha de milho (*Zea mays* L.) com baixa irrigação, das quais 21079 (72,6%) se destinam para a produção de grãos e 7949 (27,74%) para milho verde. Em 99,7% da área determinada a milho verde se localiza na região de Rioverde, em parcelas ejidales com média de 3 ha, em rotação com pimenta, *Capsicum annum* L., tomates, *Lycopersicum esculentum* Mill. e *Physalis philadelphica* Lam. e abóbora, *Cucurbita* spp. A produção de milho verde se obtém a través de cultivos nativos e técnicas tradicionais, com níveis de produtividade e rentabilidade inferiores a de outras regiões do país. O objetivo do trabalho foi analisar o sistema de produção de milho verde e reconhecer seus fatores limitantes. O estudo foi desenvolvido a través de uma entrevista entre os agricultores da região. A informação, primeiramente, se apresenta em quadros que sintetizam as técnicas de cultivo; logo, se ordena e classifica mediante análise multivariável. Os resultados indicam que a produção de milho verde se encontra em um processo de transição de tradicional a intensiva. Os produtores com melhores resultados usam densidades de população baixas, aplicam fertilizantes nitrogenados, e vendem o milho verde antes ou depois do restante dos produtores.

Palavras Chave: Evolução da agricultura; agricultura tradicional; sistema de cultivo; sistemas agrícolas tradicionais; *Zea mays* L.

INTRODUCTION

In Mexico, the governmental policies in the eighties were focused to regulate the cultivation and supply of maize, *Zea Mays* L.; however, these policies influenced the production and profitability of the crop in a negative way (Aburto, 1979; CDIA, 1980; Montañez & Warman, 1985). As a consequence of the low profitability level of the crop and the increasing demand of horticultural products, the farmers in some regions of the country re-directed maize cultivation to silage and sweet-corn production, this practice has permitted them to lower production costs, obtain better prices for harvest, and increase their profitability to a reasonable level (Charcas *et al.*, 2000).

In San Luis Potosi state, every year, 29022 hectares of maize are cultivated under irrigation from these 21079 (72.6%) are used for grain production, and 7943 (27.4%) for sweet-corn. A 99.7% of the state surface employed for sweet-corn production is located in the Rioverde region, in communal plots of 3 ha average. Fields are planted in crop rotation; the crop is alternated with chili,

Capsicum annum L., tomato, *Lycopersicum esculentum* Mill., tree tomato, *Physalis ixocarpa* Brot., and squash, *Cucurbita* spp.

The production of sweet-corn is basically obtained with cultivars and traditional culture techniques, these include direct sowing in plants, low population density, inefficient fertilization (quantity and opportunity); the levels of productivity and profitability, in the Rioverde region, are lower than they are in other areas of the country; nevertheless, they are prone to be improved, and this is shown by the results obtained by outstanding local farmers (Charcas *et al.*, 2000).

So far in Mexico and especially in the region there is a lack of appropriate technology to produce sweet-corn. This is due to the fact that the National Institute for Research in Agriculture, Forestry, and Husbandry, (INIFAP) has directed the research of maize toward the increment in yield especially in grain production (Hernández, 1983; Hernández *et al.*, 1988).

The objective of this work was to analyze and describe the production system of sweet-corn for the Rioverde region in San Luis Potosi Mexico, and to identify and evaluate the factors that limit its production.

MATERIAL AND METHODS

The first step in the procedure was to define the areas of study and then to survey the farmers of the region.

Areas of study: Based on the geographical location (99° 50' & 100° 10' meridians west of Greenwich, 21° 45' & 22° 10' parallels north latitude) and the availability of water for irrigation, the area was divided into two zones: a) Zone of "Manantial de la Media Luna" this area includes the 049 irrigation district, which is located in the center of the valley of Rioverde, and the valley of S. J. del Tapanco, the latter is located in the south border; within this zone four localities were chosen: S. J. del Tapanco, Plazuela, El Huizachal and El Capulin. b) Zone of irrigation by deep well pumping; the area includes the communities El Refugio and 20 de Noviembre, these are located to the southwest and west of the valley, in this area four localities were also selected: San Diego, El Refugio, El Jabali, and 20 de Noviembre (Figure 1).

The survey: it was elaborated based on the proposals of various researches (Byerlee & Collins, 1980; Byerlee *et al.*, 1980; Martínez, 1981; Doorman, 1991; Perales,

1998). The survey covered the following topics: a) tenure and usufruct of the production sources (land, water, well, machinery, etc.), b) funding, c) activities outside the production unit, d) water and land management, and e) processing of agricultural work (activities needed to produce sweet-corn, maize grain and silage).

A total of 449 farmers, (women/men), heads of a family, were interviewed. To carry out the interview 270 students and 18 professors from the University of Chapingo were previously trained.

Analysis of the Information: the information was processed in Microsoft Excel using Windows 98. The crop practices are summarized in tables completed with average values and percentages. Subsequently, 85 questionnaires were chosen because these included the data of 15 variables related to management practices and production costs, then the information included in these was multivariable analyzed; this analysis was done using the software PC-ORD (McCune & Mefford, 1999), the information was later arranged and classified.

The sorting or arrangement of information was done using the software DECORANA (Hill, 1979a; Ter Braak, 1988).

The sorting graph is interpreted as it follows: production variables (species in the software format) as well as the interviewed farmers (samples) that occupy marginal positions represent mistakes, false information, or extreme conditions. On the other hand, the entities located between the center and the margin of the graph show a clearer relation with the axes or gradients. At the same time the position of the variables represent centers around which are placed the farmers that are better related with these. The software TWINSPLAN (Hill, 1979b) was used to classify the information. In the classification diagram, the hierarchic order of variables and the interviewed farmers are respectively represented in binary notation along the inferior right margins; at the same time, the names or numbers of the variables and the interviewed farmers appear along the superior left margins.

RESULTS AND DISCUSSION

From the 449 heads of the family interviewed, 325 of them (72.4%) mentioned that they included sweet-corn or maize in their crop rotation.

Process of the agricultural work

Farm activities before planting: These usually start with a plowing operation; followed by a harrowing pass, the furrows are then made and finally irrigation channels are constructed. Once the former steps have been completed and prior planting, the field is irrigated. These operations are the same as those recommended by research institutions and extension service stations (INIA, 1965; SARH, 1978; Hernández, 1983). Opening of irrigation channels to moisten the field is necessary from January to March, yet, irrigation is not necessary in the interlude

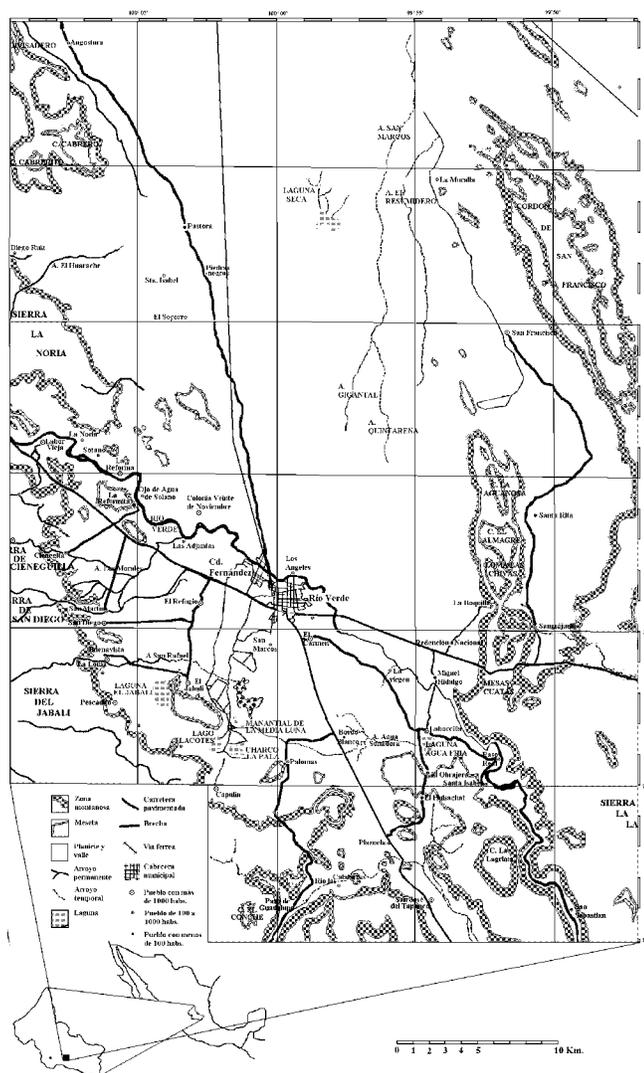


FIGURE 1. Location the Rioverde region, San Luis

from June to August because the rainfall season takes place during those months.

The majority of the farmers employ the tractor to plow and harrow (higher energy demanding tasks); however, they use harnessed mules or bulls to furrow and open the channels (Table 1). This combination of motor and animal traction is partly explained by the low number of tractors and implements and the lack of skill of the operator to maneuver the equipment (Durán *et al.*, 2002; Michico *et al.*, 2007).

TABLE 1. Percentage of farmers that use tractors to prepare the seedbed in Rioverde, S.L.P. México.

Zone/ community	Plowing	Harrowing	Furrows	Irrigation channels
Manantial de la Media Luna				
El Capulín	91.3	100	65.2	27.8
El Huizachal	90.9	100	27.3	0.0
Plazuela	72.7	100	33.3	20.0
S. J. del Tapanco	84.7	100	16.0	4.5
Deep well pumping				
El Refugio	74.7	100	47.8	34.5
El Jabalí	88.5	100	59.3	25.0
San Diego	90.0	100	37.5	12.5
20 de Noviembre	90.0	100	66.7	50.0

In 1994, due to the former conditions there were 426 tractors and 2512 harnesses of mules or bulls being used in the region. These resources were used to cultivate a surface of 49495 hectares, from these hectares 15132 were under irrigation (INEGI, 1994). Based on general calculations these tractors could be used to take care only of the irrigation area, and the rainfed lands would remain unattended.

Sowing: The sowing is arranged in furrows every 0.8 meters apart, it is dibble-planted and the spacing between each dibble ranges from 0.43 to 0.71 m. Two or three seeds are planted in the bottom of 10 cm deep furrows (Table 2).

TABLE 2. Sowing spacing, plant density distribution and percentage of farmers that use machines to sow maize in Rioverde, S.L.P. México.

Zone/ community	Distance (m)		Maize grain planted	Motorized traction (%)
	Rows	Plants		
Manantial de la Media Luna				
El Capulín	0.8	0.71	2	33.3
El Huizachal	0.8	0.53	2	15.4
Plazuela	0.8	0.51	2	16.7
S. J. del Tapanco	0.8	0.46	2	20.0
Deep well pumping				
El Refugio	0.8	0.48	2	19.6
El Jabalí	0.8	0.54	3	19.3
San Diego	0.8	0.43	3	19.3
20 de Noviembre	0.8	0.46	2	38.5

The average plant density of maize was calculated by direct observation and it was estimated in 34,000 plants ha⁻¹. According to Laird *et al.* (1955) this density is optimal for: traditional cultivars (native), grain production, and the average conditions of soil fertility in the region. It is recommended to use 60000 plants ha⁻¹ (Hernández *et al.*, 1988; Smith *et al.*, 1994) for grain production by nitrogen and phosphorus fertilization. Nevertheless, until now there is no information on adequate density and fertilization for sweet-corn production in Mexico.

The majority of the farmers employ animal traction. Some farmers who own tractors have a planter type Lister, this places the seed to the base of the furrow; however, they do not usually use the equipment because this arrangement difficult the first irrigation and delays the first weed out, this is owed to the plant size which does not outreach the furrow border. At the same time, seed size and shape are uneven in traditional cultivars, this causes that the seed breaks or obstructs the outlets of the planter; furthermore, the operators of the tractors lack the skill to handle the planter appropriately, this inconvenience causes either bare patches or patches with excessive seed density. For this reason some farmers that employ tractors to sow substitute the planter for furrows over the bar, in this a scaffold of wood is adapted as a seat for people who sow by hand, at the same time a rail or wood beam is tied to it, and when dragged perpendicularly to the furrows covers the seed with the soil of the borders.

Irrigation: The availability and cost of water in the Zone of “Manantial de la Media Luna”, in communal lands water is distributed in different *tandeo* ways and the cost to irrigate an hectare is US\$1.0; nevertheless, in the 049 irrigation district, there is an irrigation program for each canal and each farmer pays a yearly fee of US\$25.00 (about US\$3.0 per hectare). Farmers in the zone of irrigation by deep well pumping, who own one or more wells, have water at their disposal when they need it; the cost of water depends on the type of energy used to obtain it, thus with an internal-combustion engine the cost of irrigation per hectare is US\$6.0. The farmers who do not have wells buy the water and pay from US\$16.00 to 24.00 to irrigate each hectare.

In both zones the number of irrigations depends on the season; therefore, in winter-spring four irrigations are necessary for sweet-corn production and five for grain production; in summer-fall two irrigations are enough for both types of crops.

Pests: Farmers indicated that the pests that attack the crops include fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, corn earworm, *Heliophthis zea* Boddie, cutworms, *Agrotis* spp, *Euxoa* spp, *Peridroma* spp, *Feltia* spp y *Prodenia* spp., and southwestern corn borer, *Zeadiatraea grandiosella* Dyar, as well as the diabroticas, *Diabrotica* spp. Hernández *et al.* (1988) points out that the maize field is mainly attacked by armyworm and southwestern corn borer. To fight the mentioned pests diverse pesticides are applied once or twice a year.

Seedbed Preparation: When farmers use only animal traction, two weeds out are performed by moldboard plow, these are supplemented by others performed by using a hoe. With mechanized traction two weeds out by rototiller are recommended, supplemented by two more manually performed (Hernández *et al.*, 1988). The problem to control the arable weed is minimal if the crop rotation includes vegetables; the same situation occurs when the sowing is done in winter-spring because the arable weed community is characteristic of the rainy summer. Animal traction is preferred over the tractor because the latter damages a bigger number of crops. Herbicides are not used very often because in the vicinity there might be vegetable crops planted and the residual effect could affect them.

Fertilization: The majority of the farmers apply fertilizers approximately forty days after the sowing, it is done at the same time that the first weed control is performed; in all studied communities except “El Refugio” nitrogen fertilizers are applied. The bigger amount of fertilizers is

applied in the deep well pumping zone (Table 3). Few people apply fertilizers twice; however, when a second application is performed it coincides with the second weed control or it is done just before the last irrigation to forward the development of the plants. The fertilizers that are used the most are: ammonium sulphate, urea, and ammonium nitrate. The most common fertilizer formulation (N:P:K) are: 17-17-17 and 18-46-00. The INIFAP (Hernández *et al.*, 1988; Ma *et al.*, 2007) recommends applying 160 kg of nitrogen and 60 kg of phosphorus per hectare respectively, and split it into two doses; a half of nitrogen and the whole phosphorus need to be applied at planting time, and the remaining nitrogen should be applied on the second weed control. However, nobody follows the recommendations because with vegetable crops big amounts of nitrogen, phosphorus, and potassium are applied and when maize is planted in the succeeding sowing season the residual of the fertilizers is taken advantage of.

Harvest: Approximately three months after the sowing, the sweet-corn is harvested; the grain is harvested a month later than the sweet-corn. The average yields in the region are 6 tons per hectare of sweet-corn, 2.4 tons of grain and 827 lots of straw or stubble (Table 4).

TABLE 3. Proportion of farmers, fertilization time (days after planting), formulations applied to the crop in Rioverde, S.L.P. México.

Zone/community	Farmers %	Days after planting	Fertilizer formulation applied
Manantial de la Media Luna			
El Capulín	84	36	57-00-00
El Huizachal	86	28	71-00-00
Plazuela (13)	85	24	39-00-00
S. J. del Tapanco	83	40	124-00-00
Deep well pumping			
El Refugio	96	39	109-83-91
El Jabalí	66	40	97-00-00
San Diego	84	35	85-00-00
20 de Noviembre	73	46	106-00-00

TABLE 4. Average crop yield in Rioverde, S.L.P. México.

Zone/ community	Average yield		
	Sweet-corn (t per hectare)	Maize grain (t per hectare)	Lots of straw or stubble
Manantial de la Media Luna			
El Capulín	5.0	2.0	807
El Huizachal	3.0	1.0	622
Plazuela	----	2.0	917
S. J. del Tapanco	5.0	2.0	749
Deep well pumping			
El Refugio	9.2	3.4	1097
El Jabalí	7.0	3.0	938
San Diego	6.0	3.0	-----
20 de Noviembre	8.0	3.0	975

The communities that obtain the best crop yields of sweet-corn are: El Refugio, 20 de Noviembre and El Jabali. In these places, the seed of traditional cultivars is conserved, produced, and distributed, reason for which they are well-known communities. This seems paradoxical because the farmers from these communities are the most receptive to use improved cultivars and farm inputs; furthermore, they have the best quality water of region at their disposal, to irrigation. However, the sweet-corn and grain yields are very low compared with other producing regions of the country; in El Bajío region, for instance, 20 and up to 15 tons of sweet-corn and grain, respectively, are produced per hectare (Charcas *et al.*, 2002).

Commercialization: The price to sell the harvest varies a lot; this variation is caused by brokers and hoarders. Nowadays, the owners of big supply markets employ people who are in charge of spotting the sweet-corn fields and barter their price. These people for a small commission can get an advantageous deal for the buyer; this causes that the farmer hardly recuperates the costs of producing the crop.

Profitability of the crop: In the region, the average profitability of the sweet-corn is of 96.6% and the grain averages a 31.7% of profitability (Table 5). The community El Refugio has attained the highest average profitability of sweet-corn (170.4%) and 20 de Noviembre has obtained the highest in grain (86%). Nevertheless,

the profit obtained does not only depend on high yields but also on the opportunity to sell the harvest.

Sorting out of the information

The results of arranging (DECORANA) 10 variables, which are related to practices and costs of maize production for 85 of the interviewed farmers, indicate that the percentages of the total variation that explain the first four axes are: 21.7, 17.3, 12.4, and 9.7, respectively. In the first axis of the Figure 2, to the right, the extreme positions are occupied by the variables that define the plant density of the crop (Dima, Disu), while the variables situated to the left extreme are the ones related to the costs of the agro-chemical products (Plag and Fert). It seems that this axis corresponds to a gradient of intensity of cultivation. In the second axis at the top extreme, the variables related to arable weeds and pests (Esca) are ordered. In the bottom side, the variables of costs of fertilization, irrigation (Fert and Rieg) and crop yield (Rend) are ordered. This arrangement of variables indicates that it is a gradient of forms and strategies of crop production.

The farmers (Num. 1, 12, 36, 44, 83) that use low population density and invest a small amount on pesticides and fertilizer are ordered on the right extreme of the first axis, -already acknowledged as gradient of intensity of cultivation. The farmers that utilize a higher plant density and spend more on pesticides and fertilizers are located to left extreme (Num. 35, 37, 63, 65 and 85). Thus, as the plant density increases, the investment on agro-chemical products needs to be increased.

TABLE 5. Profitability of the maize crop in Rioverde, S.L.P. México (US\$/ha).

Zone/community	Sweet-corn	Maize grain
Manantial de la Media Luna		
S. J. del Tapanco	4.36	-1.47
Deep well pumping		
El Refugio	17.04	3.66
El Jabalí	9.05	2.97
San Diego	9.32	2.11
20 de Noviembre	8.46	8.6

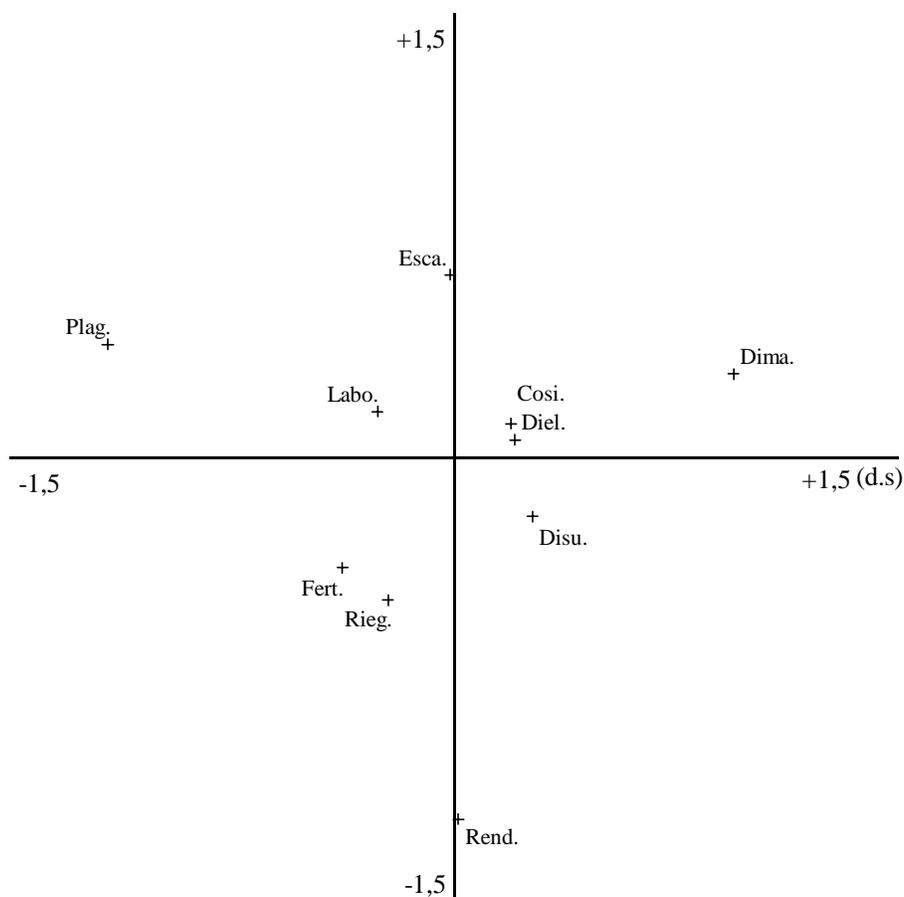


FIGURE 2. Sorting out of the farming practices and costs of sweet-corn production for 85 farmers from Rioverde, Mexico, using DECORANA; scale in units of standard deviation (d.s), (first gradient: crop intensity, second: strategies of production systems). Variables: seedbed preparation, spacing between harrows, spacing between plants, fertilization, and yield.

On the second axis, (gradient of forms and strategies of crop production), the farmers that invest more on weeds out and control of pests are located on the top extreme; these farmers, at the same time, spend less in irrigation and fertilizers application, this results in lower crop yields (Num. 54, 62, 73, 81, 84). This strategy is mainly focused to take advantage of residual effects of fertilizers previously applied on vegetables crops. In the low extreme of the gradient are placed the farmers that obtain the best yield; they invest more resources on irrigation and fertilization, nevertheless, they invest small amounts on weeds out and pest controls (Num. 21, 23, 32, 38, 42); this way of production is focused to obtain high yields by applying fertilizers and higher number of irrigations.

In general, the sorting out of results show that sweet-corn production is characterized by a variety of crop cultivation that ranges from extreme traditional to an

intensive extreme; the former characterized by crop practices and plant density dependent on soil fertility and residual effects of fertilizers and, the latter exemplified by practices and plant density adjusted to abundant materials for production (Figure 3).

Classification of the information

The classification of the information (Figure 4) was done by TWISPAN. The variables are classified in four groups; these are arranged into two sets.

a) The first set includes only the group one, this is made up of two variables 11 Fosf (phosphorus) and 12 Pota (potassium). It was defined in level one of classification and includes methods of intensive production; even though, nitrogen is applied in this method, potassium and phosphorus fertilizers are also used.

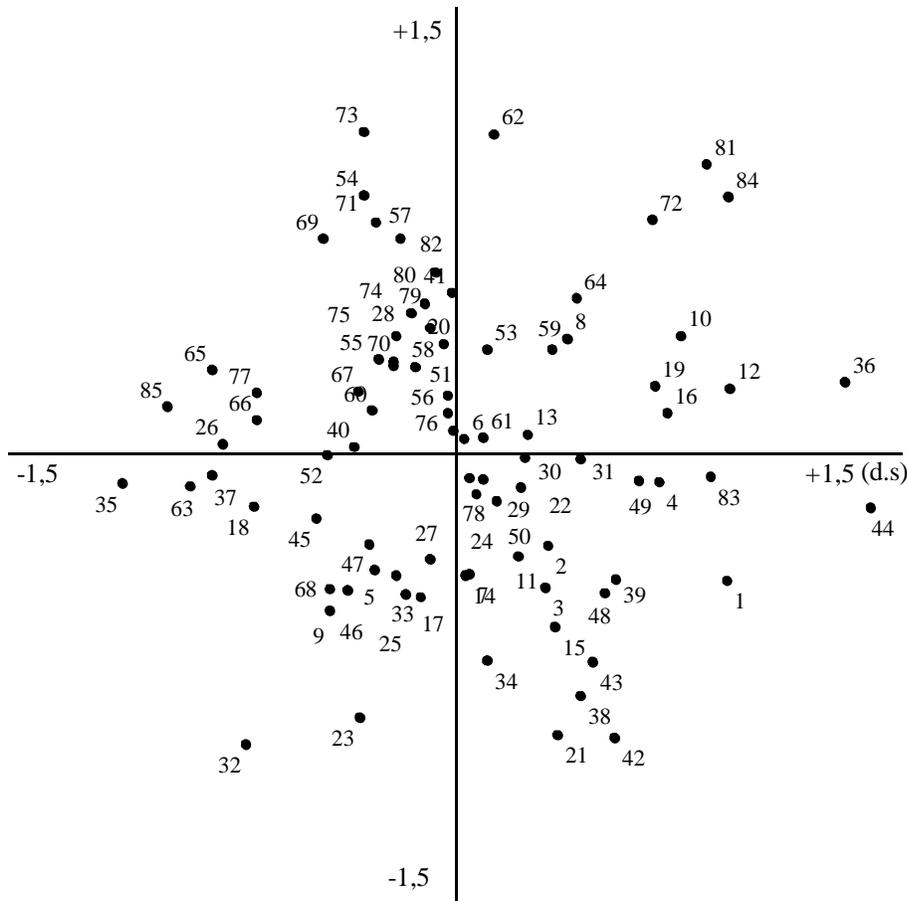


FIGURE 3. Sorting out by DECORANA of 85 farmers from Rioverde, Mexico, according to the production practices and costs (scale in units of standard deviation (d.s), first gradient, crop intensity; second, strategies or production systems).

b) The second set is made up of two sub-sets. The first sub-set includes only the group 2, which is composed of variables 10 Nitr (nitrogen), 13 Fert (fertilization) and 14 Rend (yield); it is specified in level 2 of classification and comprises methods of intensive production that only apply nitrogen fertilizers. The second sub-set is made up of groups 2 and 3; they are defined in level 3 of classification; from these two groups, group 3 covers variables 1 Labo (farm activities before planting), 2 Disu (spacing between furrows), 7 Esca (weed out), 8 Rieg (irrigation), and 15 Prco (harvest price); this group portrays both types of practices intensive and traditional. Finally, group 4 is made up of variables 3 Dima (spacing between plants), 4 Cosi (cost of sowing), 5 Diel (sweet-corn days), 6 Digr (grain days), and 9 Plag (pests); this group covers traditional cultivars, low plant density and deficient application of nitrogen fertilizers. These are the

characteristics of traditional methods for grain production, practices that persist even though the intention is to harvest sweet-corn.

The 85 farmers are classified into seven groups (Figure 5), these are divided into two sets, using variable 12 Pota (potassium) as the reference variable to determine the division. The first set embraces all the farmers that apply potassium fertilizers, it is split into two blocks; the first block includes two farmers only (9.85) using variable 13 Fert (fertilization) as a reference, both farmers invest very little on fertilization. The second block, which uses variable 1 Labo (seedbed preparation) as a reference, includes two groupings, the first includes farmers 30 and 31 that invest very little in seedbed preparation; and the second comprises farmers 2, 27, 28 and 61 that spend a lot on this preparation.

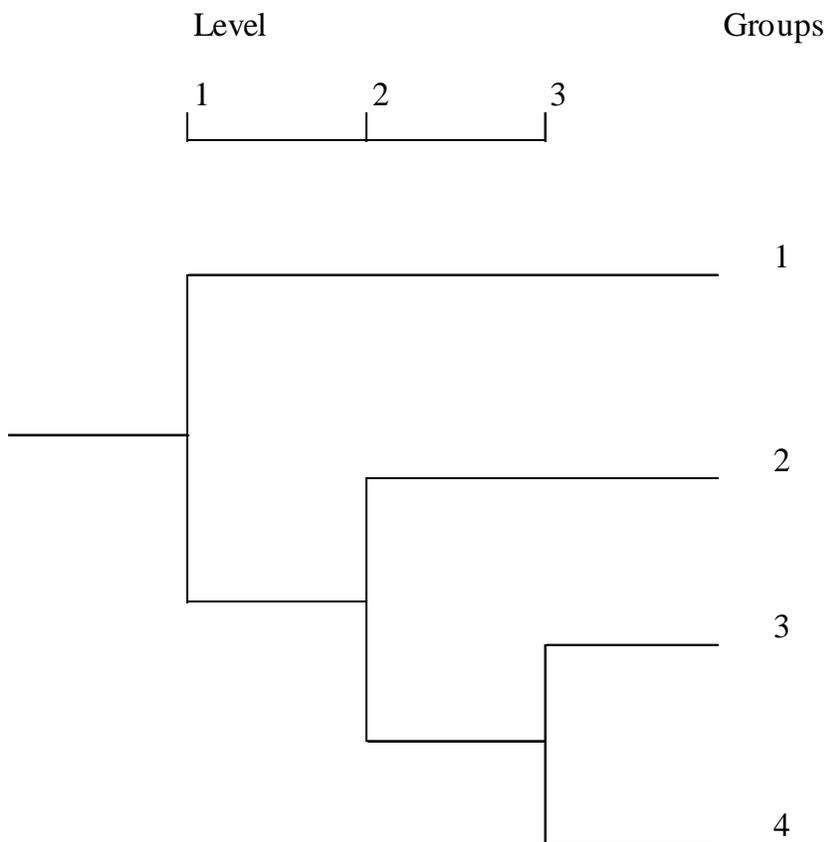


FIGURE 4. Simultaneous classification of 85 maize producers (TWINSPAN) and 15 variables related to farm practices and production costs, in Rioverde, Mexico.

The farmers that comprise the second set do not apply potassium fertilizers; the set is divided into two blocks. The reference variables for the first block are: 3 Dima (spacing between plants), 15 Prco (price for harvest), and 10-Nitr (nitrogen); this block includes two groupings, the first of these (group 4) includes 18 farmers that are characterized by using intermediate plant density, applying nitrogen fertilizers and by getting low prices for harvest. The other grouping (group 5) embraces 7 farmers that are distinguished for using low plant density, applying nitrogen fertilizers in moderate amounts and by obtaining high prices for the harvest.

The second block, which uses 9 Plag (pests), 6 Digr (grain days) and 5 Diel (sweet-corn days) as reference variables, includes two groupings. One of the groupings (group 6) embraces forty-two people that plant precocious cultivars (usually improved), and invest a few amount on pest control. The other grouping (group 7) includes

ten individuals that use less precocious maize and invest higher amounts on pest control.

CONCLUSIONS

- The sweet-corn production in the Rioverde region is in a transition phase, from traditional to intensive farming, this transition occurs in two gradients; one of these refers to crop intensity and it is manifested by increments in plant density associated with the increasing of applying materials to produce. The other gradient is associated to strategies or production systems and it is manifested by changes in the farming practices.
- Based on those two rankings, the farmers that produce sweet-corn make up a variety of groups; these different groups are represented by different strategies and production systems.

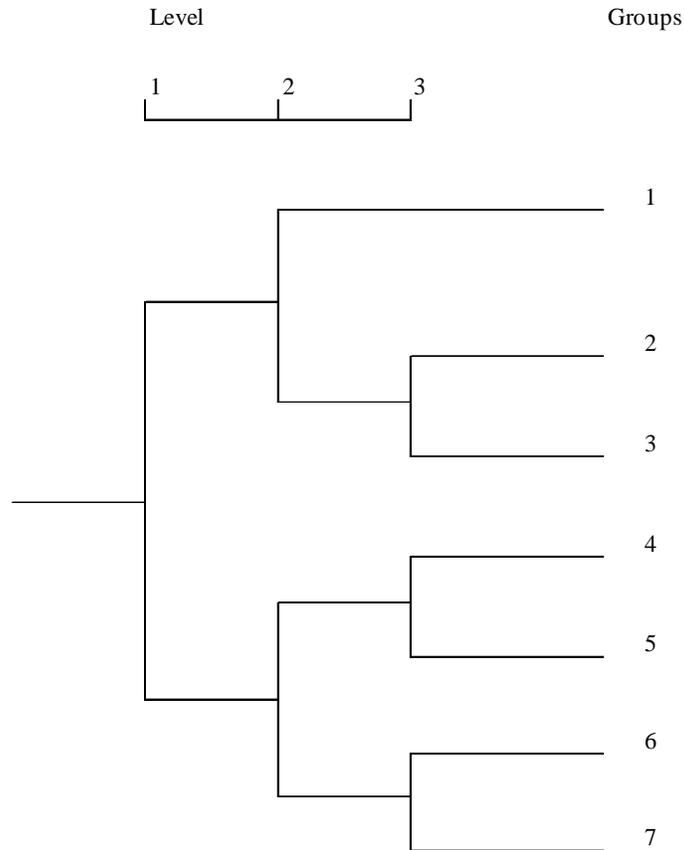


FIGURE 5. Classification by TWINSpan of sweet-corn producers, in Rioverde, Mexico, classification based on variables that make up the production systems.

- Thus in the traditional production systems, nitrogen fertilizers are applied in low doses and farmers invest high amounts of money on pest controls, and they also plant intermediate maize. In the intensive production systems, high doses of potassium and phosphorus fertilizers are applied and higher amounts are invested in seedbed preparation.
- The group of farmers who have obtained better results is the one that uses low plant density, apply nitrogen fertilizers in moderate amounts, and sell the harvest at high prices.

REFERENCES

- Aburto, H. 1979. El maíz: producción, consumo y política de precios. **In:** Montañés, C.; Aburto, H. (Ed). Maíz, política institucional y crisis agrícola. México: CIDER-Nueva Imagen. 129-175 p.
- Byerlee, D.; Harrington, L. y P. Marko. 1980. Prácticas de los agricultores, problemas de producción y oportunidades para la investigación en la producción de cebada en el valle de Calpulalpan/Apan, México. CIMMYT, 57 p. (Documento de trabajo 80/5).
- Byerlee, D. y M. Collins. 1980. Planeación de tecnologías apropiadas para los agricultores: conceptos y procedimientos. México: CYMMYT. 71 p.
- Centro de Investigaciones Agrarias (CDIA). 1980. El cultivo del maíz en México. México: CDIA. 148 p.
- Charcas, H., J. R. Aguirre y E. Olivares. 2000. Proceso de conformación agrícola de la región de Río Verde, San Luis Potosí, México. Revista Geográfica. México. n. 128. 105-117.
- Charcas, H., E. Olivares y J. R. Aguirre. 2002. Agua de riego en la región de Rioverde, San Luis Potosí. Ingeniería Hidráulica en México. México v. 17, 37-56.

- Doorman, E. 1991. La metodología del diagnóstico en el enfoque "Investigación Adaptativa". San José: IICA. 301 p.
- Durán, G. H. M., J. R. Aguirre R. y S. H. Charcas. 2002. Tendencias de la mecanización agrícola en el estado de San Luis Potosí, México. *Interciencia*, v. 27, 307-311.
- Hernández, J. A. 1983. El cultivo del maíz bajo riego en la zona media y altiplano de San Luis Potosí. San Luis Potosí: INIA/CIANOC/CAESAL, 19 p. (Folleto para productores, 3).
- Hernández, J. A., C. Jasso, J. Estrada y J. L Barrón. 1988. Como producir maíz de riego en la zona media de San Luis Potosí. San Luis Potosí: INIFAP/CIFAP-SLP, 7 p. (Folleto para productores, 2).
- Hill, M. O. 1979a. DECORANA-A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ithaca: Cornell University, 52 p.
- Hill, M. O. 1979b. TWINSPLAN-A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Ithaca: Cornell University, 90p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. INEGI. 1994. San Luis Potosí: resultados definitivos. VII. Censo agrícola-ganadero. México. 955 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. INIA. 1965. Guía para la asistencia técnica agrícola en México. México, 408 p.
- Laird, R. J., Guillén, M. y R. P. Peregrina. 1955. Fertilizantes comerciales y densidad óptima de población para maíz de riego en Guanajuato, Querétaro y Michoacán. México: SAG/OEE, 63 p. (Folleto técnico, 16).
- MA, B. L., K. D. Subedi and T. Q. Zhang. 2007. Presidedress nitrate test and other crop-based indicators for fresh market and processing sweet corn. *Agronomy Journal*, v.99, 174-183 p.
- McCune, B. and M. J. Mefford. 1999. PC-ORD™ version 4: Multivariate analysis of ecological data, Glenden Beach: MjM Software Design, 237p.
- Martínez, J. C. 1981. Desarrollando tecnología apropiada a las circunstancias del productor: el enfoque restringido de sistemas de producción. México: CIMMYT, 28 p. (Reporte 1981).
- Michico, I., T. Matsumoto and M. A. Quinonez. 2007. Conservation tillage practices in sub-sahara Africa: the experiences of sasakawa global 2000. *Crop Protection*, v.26, 417-423.
- Montañez, C. y A. Warman. 1985. Los productores de maíz en México: restricciones y alternativas. México: Centro de Ecología, 226 p.
- Perales, H. 1998. Conservation and evolution of maize in Amecameca and Cuautla valleys of Mexico. Davis: University of California, 350 p. (Ph. D Dissertation).
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1978. Agenda técnica agrícola, San Luis Potosí. México: SARH/DGPEA, 114 p.
- Smith, J., A. D. Barau, A. Goldman and J. H. Mareck. 1994. The role of technology in agricultural intensification: the evolution of maize production in the northern guinea of Nigeria. *Economic Development & Cultural Change*, v. 42:537-554.
- Ter Braak, C. J. F. 1988. CANOCO-A FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis. Wageningen: Agricultural Mathematics Group, 95 p.

CARACTERIZACIÓN DE ULTISOLES EN LA CUENCA DEL RÍO CAPAZ, MÉRIDA-VENEZUELA

CHARACTERIZATION OF ULTISOLS IN THE CAPAZ RIVER BASIN, MERIDA-VENEZUELA

Jajaira Oballos* y Guido Ochoa**

*Profesores: Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado y **Laboratorio de Suelos del Instituto de Geografía. Mérida. Venezuela. E-mail: oballos@ula.ve

RESUMEN

Catorce Ultisoles desarrollados sobre lutitas fueron caracterizados en la cuenca del río Capaz, Mérida-Venezuela. La textura fina, reacción ácida, dominancia de minerales resistentes a la alteración y coexistencia en la fracción arcilla de caolinita bien cristalizada e ilitas degradadas con interstratificados desorganizados y vermiculitas bien cristalizadas se asocia a la herencia de la roca madre (lutitas cretácicas ácidas que han sufrido varios ciclos de transformación) y a una alteración moderada. El desarrollo de Ultisoles en la zona estudiada esta fundamentalmente asociado a la presencia de un material parental de origen sedimentario con textura fina y baja reserva de minerales alterables (lutitas), independientemente de las condiciones bio-climáticas.

Palabras Clave: Suelos de montaña tropical andina; Ultisoles; material parental.

SUMMARY

Fourteen mudstone-formed Ultisols located in Capaz River basin (Mérida, Venezuela) were characterized. Aspects such as fine texture, acid reaction, abundance of resistant materials, and coexistence of well-crystallized clay fraction kaolinite, degraded illite through interstratified minerals under disorder arrangement, and well-crystallized vermiculite are associated with inheritance from parent rock (cretaceous and acid mudstone having undergone various transformation cycles) and moderate alteration. Ultisols development in the region of this study is mainly related to parent material of sedimentary origin, being characterized by fine texture and low deposits of unstable minerals (lutite or mudstone), independent of the bioclimatic conditions.

Key Words: Humid tropical mountain soils; Ultisols; parent rock.

RECIBIDO: junio 11, 2007

ACEPTADO: junio 04, 2008

INTRODUCCIÓN

Las características más importantes para el diagnóstico de los Ultisoles son la presencia de un horizonte argílico o de un horizonte cándico, acompañado por una saturación de bases, por suma de cationes, inferior a 35% a una profundidad de 125 cm por debajo del límite superior del horizonte argílico o cándico o hasta una profundidad de 180 cm desde la superficie del suelo (Soil Survey Staff, 1999).

Los Ultisoles necesitan para su formación climas cálidos y húmedos, con un período de precipitación deficiente. Dichos suelos se forman en una amplia variedad de materiales parentales, pero con muy pocos contenidos de minerales primarios que contengan bases con excepción de algunas micas. La fracción arcillosa está constituida principalmente por caolinita, gibsita y arcillas interestratificadas con aluminio interlaminar. Los Ultisoles pueden formarse bajo cualquier régimen de temperatura, con excepción del frígido e isofrígido. El régimen de humedad puede ser ácuico, údico, xérico o ústico. El proceso más importante en su formación es la migración de arcilla desde la parte superficial hasta el horizonte iluvial Bt (Soil Survey Staff, 1999). Los Ultisoles se pueden formar tanto en regiones templadas como en regiones tropicales con vegetación boscosa o no, ellos se encuentran en superficies más jóvenes que los Oxisoles (Buol *et al.*, 2003).

En los Llanos Bajos venezolanos se han descrito Plinthaquults sobre posiciones geocronológicas del Q₃, con arcillas de tipo caolinita, cloritas e ilitas (Malagón *et al.*, 2004).

En los Altos Llanos Occidentales se encuentran Haplohumults y Hapludults (Ochoa y Oballos, 2002), las arcillas dominantes son la caolinita, ilita e interestratificados. En los andes venezolanos se han descrito Ultisoles sobre diferentes condiciones de material parental, clima, geomorfología, altitud y vegetación. Ellos se caracterizan por presentar: reacciones ácidas, bajos porcentajes de saturación de bases, bajos valores de capacidad de intercambio catiónico, medianos a altos contenidos de materia orgánica (MO) y caolinita dominando en la fracción arcilla (Oballos y Ochoa, 1991-1992).

Los grandes grupos (Soil Taxonomy, Soil Survey Staff, 1999) dominantes en los andes venezolanos son: Haplohumults, Haplustults y Hapludults (Oballos y Ochoa, 1991-1992). Estos suelos presentan contenidos de arcilla, valores de acidez de cambio y de aluminio intercambiable superiores a los descritos en planicies

aluviales, estos últimos presentan mayores espesores (Ochoa y Oballos, 1994, 2002; Malagón *et al.*, 2004).

El objetivo fundamental del trabajo consiste en analizar 14 perfiles clasificados como Ultisoles (Soil Survey Staff, 1999) desde el punto de vista físico, químico, mineralógico y micromorfológico, con el fin de contribuir al conocimiento del desarrollo de Ultisoles en zona de montaña húmeda tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

Catorce perfiles similares en clasificación y en material parental, localizados a altitudes comprendidas entre 300 y 2500 m.s.n.m., en la cuenca del río Capaz, estado Mérida-Venezuela, fueron seleccionados (Figura 1; Cuadro 1).

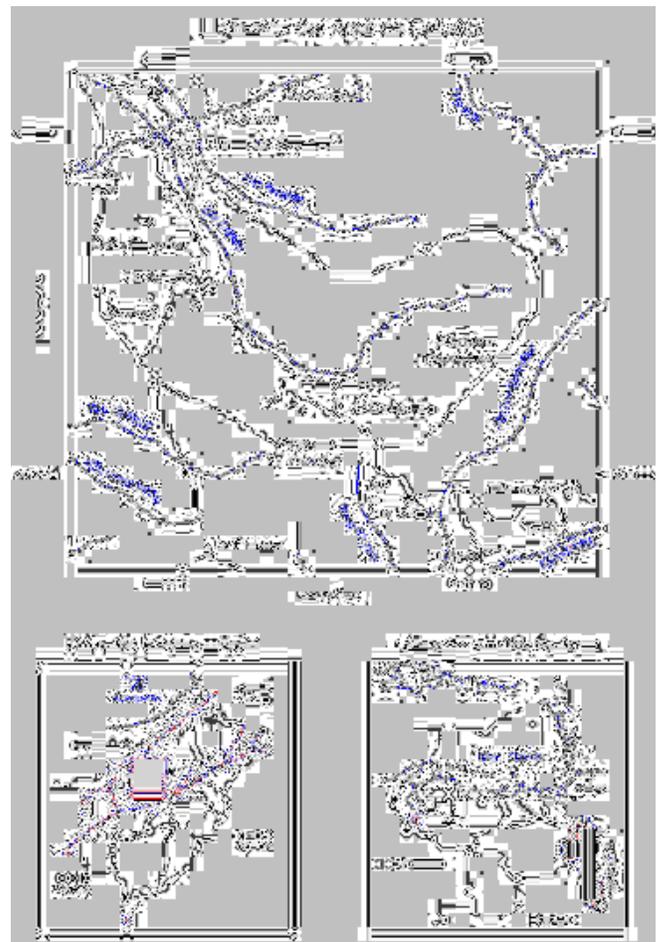


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio.

CUADRO1. Principales características del medio donde se desarrollan los suelos estudiados.

Perfiles	Rango Altitudinal	Litología-Formación	Clima(Köppen)	Vegetación natural
1, 2, 3	2000 - 3000	Lutitas Fm. Colón	C. de Montaña Tropical. Gwi	Selva Nublada
7	1500 - 2000	Lutitas Fm. Capacho	C. de Montaña Tropical. Gwi	Selva Nublada
4, 5	1500 - 2000	Lutitas Fm. Capacho	C. de Selva Tropical. Ami	Selva Nublada
6, 8	1000 - 1500	Lutitas Fm. Capacho	C. de Selva Tropical. Ami	Selva Estacional Montana
11	500 - 1000	Lutitas Fms. Capacho y Luna	C. de Selva Tropical. Ami	Selva Estacional Montana
12, 13	500 - 1000	Lutitas Fm. Aguardiente	C. de Selva Amazónica Lluviosa. Afi	Selva Submontana
14	< 500	Lutitas y areniscas Fm. Palmar	C. de Selva Amazónica Lluviosa. Afi	Selva Submontana
9, 10	< 500	Lutitas Fm. Colón	C. de Selva Amazónica Lluviosa. Afi	Selva Submontana

El material parental de los 14 perfiles está constituido por lutitas de diferentes formaciones (Colón, Capacho, Aguardiente y Palmar).

El relieve está muy influenciado por la tectónica y la litología que determina el modelado de la cuenca. El relieve está formado por colinas en función de la plasticidad del material constitutivo.

Las pendientes varían entre 10 y 50%. Ellas presentan formas rectilíneas y débilmente onduladas (cóncavas y convexas). La acción del proceso de modelaje se manifiesta por la presencia de reptación, solifluxión y flujo de detritus.

La vegetación cambia con la altitud y la orografía local, hacia las partes más altas de la cuenca 1 500 a 3 000 m.s.n.m., se encuentra la Selva Nublada fuertemente intervenida por la acción antrópica, las especies dominantes en los relictos de bosque son: *Retrophyllum rospligiosii*, *Retrophyllum oleifolia*, *Ocotea calophyllum*,

Weinmannia jahnni, *Eschweilera monosperm*, *Brunellia integrifolia* y *Clusia* sp. En la parte media e inferior (150-1700 m.s.n.m.) de la cuenca la eliminación de la vegetación original (Selva estacional montana y Selva submontana) es casi total, para dar paso a una vegetación secundaria, constituida por sabanas secundarias y formaciones arbustivas densas.

El área estudiada se caracteriza por la presencia de clima tropical de montaña (Gwi), clima de bosque tropical (Ami) y clima de bosque amazónico lluvioso (Afi; Köppen, 1948) con temperaturas medias anuales que varían entre 12,6 y 26,9 °C y precipitaciones entre 1 100 y 1 900 mm. El régimen de humedad de los suelos es údico.

Análisis físico-químicos: Las muestras de cada horizonte, después de secadas al aire, fueron suavemente trituradas y cernidas con tamiz de 2 mm, para los análisis físico, químico y mineralógico: distribución por tamaño de las partículas, método de la pipeta (National Soil Survey

Center, 1996) y tamizado de arenas; retención de humedad a 0,033 MPa y 1,5 MPa, método ollas de presión; reacción del suelo, método potenciométrico, en H₂O y KCl 1N relación 1:1; carbono orgánico método Walkley-Black (National Soil Survey Center, 1996); nitrógeno total, método micro-Kjeldhal (National Soil Survey Center, 1996); fósforo disponible, extracción con FNH₄ y HCl, (Bray-Kurtz, 1945); capacidad de intercambio catiónico, método acetato de amonio 1N, pH 7 (National Soil Survey Center, 1996); acidez intercambiable, método de Yuan (1959); elementos totales de las arcillas método del fluoruro de hidrógeno y el sílice por el metaborato de litio; micromorfología, impregnación y consolidación según el método de Jongerijs y Heintzberger (1963). Resina 11700 y estudio de las secciones finas según Brewer (1964) y Bullock *et al.* (1985); mineralogía de arcillas, difracción por Rayos X (equipo Siemens, ánodo de cobre, filtro de níquel), tratamientos: saturación con Mg, Mg - glicerol y K más calentamiento a 550 °C por 1 h (Kittrick y Hope, 1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología de los perfiles

Los suelos estudiados son relativamente profundos y presentan una textura fina (arcillosa, arcillo-limosa y franco arcillo-limosa), asociada a la naturaleza de grano fino del material parental. El análisis del esqueleto muestra la presencia de un material de origen bastante homogéneo, constituido fundamentalmente por lutitas. La masa basal proviene de su alteración, observación de segregación de arcilla y puentes plásmicos entre los fragmentos lúcticos (Figura 2).

Los perfiles texturales son bien diferenciados y muestran un aumento de arcilla en el horizonte B (Cuadro 2).

El proceso de iluviación de arcilla es confirmado por presencia de revestimientos arcillosos con estructura microlaminar y zonas de extinción netas (Figura 3).

Los argilanes se localizan principalmente en los poros de los horizontes B, con una mayor proporción en su parte baja, presentan un espesor variable y en la mayoría de los casos se trata de arcillas con impurezas. Se observa también una movilización de hierro que se expresa con la presencia de revestimientos ferruginosos de tipo hiporevestimientos sobre las paredes de los poros, manchas rojas y nódulos ferruginosos (Figura 4).

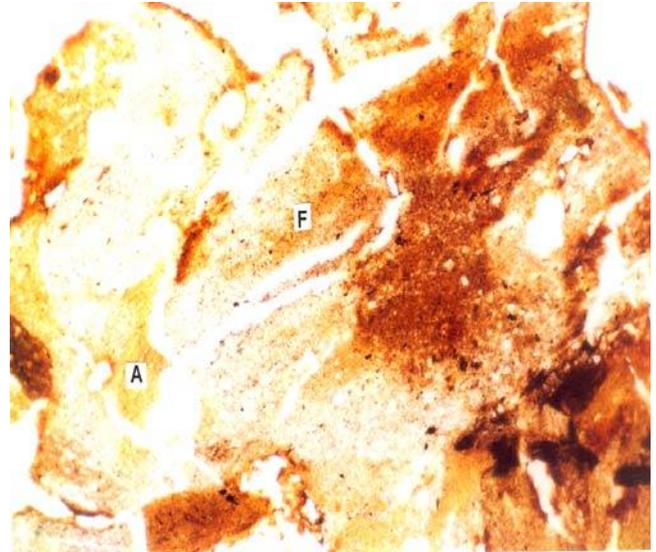


FIGURA 2. Typic Haplohumult. Bt2 (43-75 cm). N||. x4. Puentes plásmicos (A) entre los fragmentos lúcticos. Estado de alteración de las lutitas (F).

La acumulación de hierro es posterior a la formación de las películas de arcilla, lo que es caracterizado por Fedoroff (1969) como una iluviación secundaria, y es a partir de este momento que la evolución pedológica se acelera.

pH y cationes cambiabiles

Los suelos son ácidos, con valores de pH en agua que varían entre 3,60 y 5,80 (Cuadro 2), en la mayor parte de los casos son inferiores a 5,0. La reacción del suelo es un reflejo de la composición de los materiales geológicos a partir del cual se han formado (Erlich *et al.*, 1955; Miles y Franzmeier, 1981; Singer, 1988; Ochoa y Oballos, 1994; Shaw *et al.*, 200; Ochoa *et al.*, 2004). En este caso se trata de lutitas cretácicas ácidas.

El aluminio es el catión dominante en el complejo de intercambio. Los contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio son bajos a muy bajos en todos los perfiles. Entre los cationes básicos, el calcio es el catión dominante en el complejo de intercambio de los horizontes A de los perfiles (excepto el perfil 13), mientras que en los horizontes B y C domina el potasio (excepto perfil 10). El mayor contenido de calcio es asociado a la acción de los ciclos biogeoquímicos en superficie y el de potasio a los altos valores de potasio que presentan los materiales parentales lutíticos (Cuadro 3).

CUADRO 2. Principales características físico químicas de los suelos estudiados. Mérida-Venezuela.

Perfil	Prof. cm	Horiz	Granometría						pH		CO g kg ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ¹⁺	K ²⁺	Al ³⁺	H ¹⁺	CEC	CEC Arc	SB %
			ag	am	af	Lf	Lg	A	H ₂ O	KCl										
1	0-6	A1	20	14	69	65	458	366	0,05	3,67	76,0	1,11	0,82	0,16	0,98	2,5	1,5	18,0	0,0	17,1
	6-18	A2	10	7	52	142	387	393	5,15	3,60	36,6	0,89	0,54	0,15	0,41	4,2	0,4	13,0	1,1	15,3
	18-43	Bt1	5	2	16	97	382	479	5,15	3,50	15,2	0,56	9,58	0,13	0,35	7,2	0,8	14,0	18,3	11,6
	43-75	Bt2	22	4	3	54	301	597	5,20	3,49	7,6	0,17	0,59	0,15	0,33	10,0	0,6	16,0	22,4	7,8
	75-92	C1	87	13	9	45	390	443	5,15	3,35	1,2	0,26	0,82	0,11	0,32	10,0	2,0	14,5	31,8	10,4
	92-145	C2	36	12	15	70	360	489	5,00	3,49	1,7	0,70	0,51	0,17	0,31	9,6	1,4	19,0	37,7	8,9
2	0-13	A1	5	4	10	29	361	582	4,42	3,45	37,1	1,94	0,68	0,14	0,57	9,9	0,9	19,0	10,7	17,5
	13-84	Bt1	4	2	6	35	322	630	4,00	3,70	17,5	0,08	0,15	0,13	0,58	13,6	0,6	21,5	10,3	4,4
	84-115	Bt2	2	2	11	35	315	627	4,75	3,70	11,4	0,06	0,17	0,10	0,34	11,5	1	21,5	28,0	3,1
	115-136	C1	2	2	13	67	300	615	4,50	3,64	7,3	0,06	0,18	0,17	0,38	15,0	0,7	19,5	27,6	4,1
3	0-23	A1	17	10	19	37	337	567	3,67	3,56	67,1	1,24	0,25	0,18	0,51	7,6	0,2	26,0	5,2	8,4
	23-83	Bt1	43	13	17	37	304	584	3,60	3,40	27,7	0,16	0,15	0,10	0,36	15,8	0,4	20,0	18,0	3,9
	83-135	C1	106	21	16	32	263	558	4,20	3,65	16,6	0,22	0,08	0,17	0,33	15,6	0,2	17,5	21,0	4,6
4	0-14	A1	13	6	70	242	259	407	4,65	3,55	44,2	1,11	0,76	0,20	1,05	9,8	2,6	20,0	11,8	15,6
	14-50	Bt1	5	4	21	85	289	583	5,25	3,60	11,2	0,11	0,1	0,15	1,02	19,4	0,0	23,0	32,8	6,0
	50-70	C1	11	3	17	58	281	611	5,10	3,55	6,6	0,17	0,05	0,16	0,65	17,6	0,0	24,0	35,6	4,3
	70-95	C2	15	9	3	64	354	540	5,29	3,40	5,6	0,06	0,03	0,19	0,51	18,4	0,0	21,5	36,3	3,7
5	0-20	A1	20	9	75	212	319	359	4,35	3,66	32,3	0,65	0,20	0,17	0,42	7,2	0,8	15,5	12,2	6,7
	20-39	A2	10	8	69	214	306	383	4,31	3,80	25,2	0,12	0,05	0,08	0,20	7,2	0,0	12,0	8,7	3,8
	39-57	Bt1	6	4	64	188	241	492	5,00	3,45	8,9	0,14	0,03	0,12	0,20	8,6	0,0	16,0	26,3	3,1
	57-93	Bt2	1	1	20	91	263	623	5,15	3,74	6,5	0,06	0,02	0,15	0,31	14,6	1,1	13,0	17,3	3,3
6	0-12	A1	40	12	72	115	360	401	4,54	3,56	45,4	0,65	0,21	0,13	0,46	12,0	1,3	24,5	21,9	5,9
	12-42	Bt1	24	7	51	127	317	468	4,62	3,60	26,9	0,11	0,08	0,19	0,27	14,8	0,4	22,0	27,2	3,0
	42-89	Bt2	33	10	47	143	273	480	4,70	3,70	7,0	0,06	0,03	0,14	0,19	12,8	0,6	19,0	34,6	2,2
	89-170	C1	11	8	15	175	393	387	5,10	3,75	6,2	0,06	0,02	0,13	0,43	17,2	0,5	24,5	57,8	2,6
7	0-10	A1	20	18	97	138	336	380	4,70	3,79	49,5	3,44	0,71	0,22	0,92	5,6	1,4	25,5	22,3	20,7
	10-20	A2	36	12	77	129	339	386	4,60	3,94	20,2	1,56	0,38	0,18	0,28	9,6	9,6	23,5	42,8	10,2
	20-45	Bt1	28	11	62	92	326	475	4,61	3,76	12,9	0,13	0,03	0,1	0,17	15,6	0,0	21,0	34,9	2,1
	45-73	Bt2	51	16	25	81	315	508	4,71	3,79	11,4	0,14	0,12	0,11	0,17	17,2	0,0	22,5	36,6	2,4
	73-150	C1	42	17	21	81	335	495	4,55	3,67	2,5	0,22	0,12	0,13	0,27	16,0	0,4	22,5	43,7	3,3

ag = 2 - 0,5 mm; am = 0,5 - 0,25; af = 0,25 mm; Lg = 0,02 - 0,002 mm; A = < 0,002 mm

../... continúa

..../... continuación CUADRO 2.

Perfil	Prof. cm	Horiz	ag	am	af	Granometría			pH		CO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ¹⁺	K ²⁺	Al ³⁺	H ¹⁺	CEC	CEC	SB
						Lf	Lg	A	H ₂ O	KCl										
						g kg ⁻¹			(1:1)		g kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹								
8	0-16	A1	35	30	161	136	294	346	5,80	4,82	30,6	3,81	0,76	0,19	1,53	0,0	0,6	6,5	17,3	38,1
	16-87	Bt1	8	19	123	105	296	449	4,99	3,72	9,4	0,25	0,05	0,16	0,29	9,2	0,2	14,0	24,0	5,4
9	0-20	A1	6	5	65	41	437	446	4,76	3,84	9,1	2,62	0,99	0,15	0,46	0,8	2,4	18,5	34,2	22,8
	20-63	Bt1	2	3	38	25	289	643	4,60	3,52	7,9	0,50	0,49	0,29	0,31	13,60	0,1	21,5	29,2	7,4
	63-100	Bt2	8	4	56	14	246	660	4,60	3,46	7,0	0,09	0,31	0,31	0,33	15,8	1,4	20,5	27,4	5,1
10	0-10	A1	37	32	61	22	401	424	4,41	3,54	31,3	1,25	0,82	0,20	0,37	10,8	0,6	17,0	14,7	15,5
	10-28	Bt1	11	25	50	37	367	484	4,51	3,51	1,8	0,66	0,64	0,22	0,28	11,8	6,5	17,5	23,7	10,3
	28-66	Bt2	9	16	33	26	329	559	4,65	3,58	1,1	0,19	0,82	0,24	0,26	10,0	7,0	18,0	25,2	8,4
	66-125	C1	6	10	21	12	339	591	4,90	3,63	0,7	0,16	1,07	0,25	0,30	11,7	3,0	18,5	27,0	9,6
11	0-25	A1	12	7	29	75	326	535	4,00	3,50	32,9	2,88	0,35	0,24	0,45	13,0	2,0	23,0	21,8	17,0
	25-58	Bt1	5	2	30	64	230	656	3,80	3,49	12,1	0,13	0,05	0,19	0,21	18,2	0,6	22,0	27,2	2,6
	58-103	Bt2	2	1	23	57	189	719	3,80	3,50	10,3	0,19	0,03	0,17	0,21	18,2	0,4	22,0	25,7	2,7
	103-160	C	2	1	15	62	240	672	3,85	3,35	5,4	0,09	0,03	0,16	0,41	19,4	0,6	22,5	30,7	3,1
12	0-10	A1	53	17	30	44	334	500	3,85	3,41	17,0	2,88	0,41	0,18	0,61	5,9	1,4	22,0	32,3	18,5
	10-42	Bt1	9	5	12	62	254	655	3,65	3,37	13,9	1,75	0,17	0,16	0,40	11,8	0,4	19,0	21,7	13,1
	42-65	Bt2	8	3	4	95	355	555	3,70	3,40	12,1	0,80	0,10	0,13	0,36	13,0	1,0	18,5	24,9	7,6
	65-93	C1	6	2	4	98	348	527	3,65	3,50	7,6	0,50	0,07	0,14	0,32	12,4	1,2	18,0	29,2	5,7
	93-100	C2	3	2	4	101	348	540	3,75	3,50	5,4	0,47	0,05	0,11	0,26	11,2	0,4	15,0	24,0	5,9
13	0-13	A1	23	37	88	50	312	472	3,70	3,46	49,6	0,13	0,13	0,14	0,35	14,6	1,0	24,5	15,8	3,1
	13-34	A2	35	31	67	48	233	566	3,80	3,55	29,7	0,22	0,08	0,22	0,27	14,4	1,0	22,0	20,8	3,6
	34-51	Bt1	23	24	57	29	203	645	3,80	3,50	17,3	0,06	0,05	0,17	0,2	16,6	0,3	22,0	25,7	3,5
	51-76	Bt2	21	22	55	32	143	714	3,75	3,50	10,3	0,13	0,02	0,17	0,16	17,0	0,4	20,8	24,1	2,3
	76-106	Bt3	24	22	56	38	150	710	3,80	3,50	6,8	0,13	0,03	0,19	0,17	13,2	0,4	20,5	26,6	2,5
14	0-12	A1	34	12	95	132	374	350	3,65	3,43	28,4	0,19	0,23	0,1	0,33	11,4	0,2	15,5	16,4	5,5
	12-61	Bt1	30	9	83	123	296	459	3,80	3,46	19,2	0,19	0,08	0,17	0,24	14,0	0,2	16,5	21,5	4,1
	20-45	Bt2	24	7	83	123	275	476	3,85	3,46	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00	13,60	0,4	15,5	29,5	0,0

ag = 2 - 0,5 mm; am = 0,5 - 0,25; af = 0,25 mm; Lg = 0,02 - 0,002 mm; A = < 0,002 mm

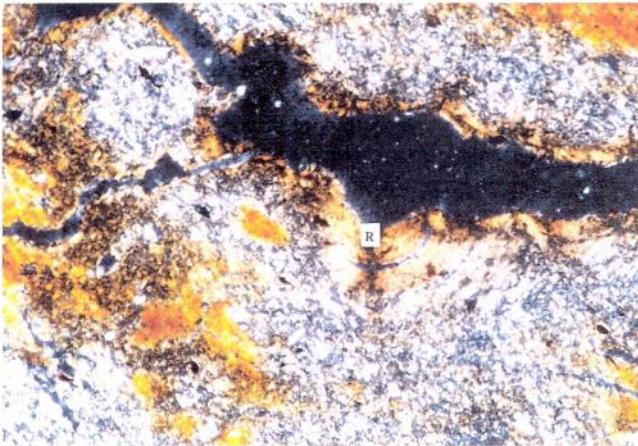


FIGURA 3. Typic Haplohumult. Bt1 (18-43 cm). NX. x10. Detalle de los revestimientos arcillosos (R).

Los porcentajes de saturación de bases son muy débiles, ellos varían entre 2,1 y 38,1%. Los valores son mayores en superficie que en profundidad, resultados similares se observan en buena parte de los suelos estudiados en Los Andes venezolanos (Ochoa *et al.*, 2004).

El aluminio cambiante aumenta con la profundidad. El proceso de redistribución del aluminio en el seno del perfil es poco probable ya que los contenidos en los horizontes B y C son similares. En superficie parece estar inhibido por la presencia de la MO. El proceso responsable de la disponibilidad de aluminio intercambiable en la solución del suelo es una reacción de hidrólisis de aluminio a pH inferior a 5, caso común en los suelos analizados (Chamayou y Logros, 1989).

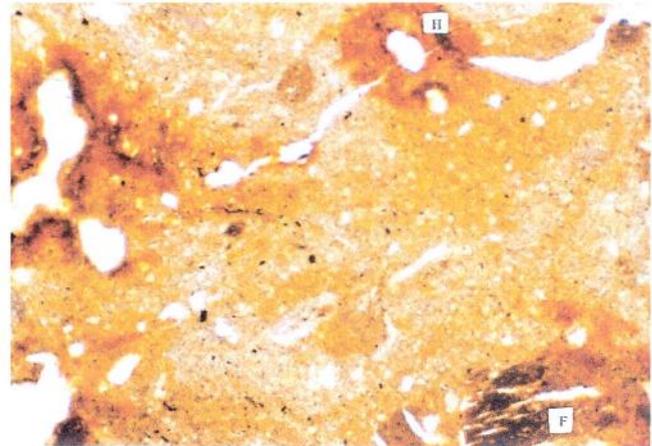


FIGURA 4. Typic Haplohumult. Bt1 (18-43 cm). NX. x4. Micromasa de color no uniforme, zonas grisáceas. Hipo-revestimientos ferruginosos (H). Fragmentos de lutitas muy alterados.

Los resultados del análisis de los componentes del complejo de intercambio parecerían indicar que estos suelos han sufrido una fuerte alteración, pero la naturaleza de los materiales parentales (rocas sedimentarias de textura fina que han sufrido varios ciclos de transformación), sugieren que estas características son fundamentalmente asociadas a la naturaleza ácida de estos materiales, a pesar de que estos suelos se han desarrollado en medio húmedo.

CUADRO 3. Composición química de las lutitas para algunos perfiles estudiados. Mérida-Venezuela.

Perfil	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
1	65,02	22,67	6,98	4,05	0,1	0,05	0,21	0,00	0,92	0,00
8	65,76	22,46	6,60	3,78	0,02	0,04	0,23	0,00	1,11	0,00
12	67,21	18,36	10,33	2,39	0,26	0,38	0,14	0,00	0,93	0,00
23	66,13	21,83	6,54	3,54	0,86	0,05	0,23	0,05	0,76	0,00
27	70,28	21,17	4,58	2,92	0,03	0,04	0,17	0,00	0,81	0,00

Mineralogía de los suelos y de las rocas

La fracción ligera de la arena (50 - 500 μm) está principalmente constituida por cuarzo y fragmentos líticos. El cuarzo representa más del 85% del total. Los fragmentos líticos son fragmentos de rocas silíceas (lutitas), chert y calcedonia. En la mayor parte de los casos el chert y la calcedonia son fósiles de foraminíferos, con una estructura perfectamente observable. Los fitolitos están presentes en la mayoría de los perfiles. Los feldespatos están presentes bajo la forma de trazas en todos los perfiles, salvo el perfil 1 (1 a 3%). Como se observa, en esta fracción sólo están presentes minerales muy resistentes a la alteración, excepto cantidades menores de carbonatos en el perfil 10.

El estado de conservación del cuarzo es similar en todos los perfiles estudiados, su fuerte proporción con relación a los feldespatos potásicos, puede ser debida a la transformación de los feldespatos en caolinitas o a la poca proporción de feldespatos en los materiales parentales.

Los óxidos de hierro y los minerales poco alterables como el circón, turmalina, rutilo, titanita, anatasa y moscovita constituyen más del 90% y hasta 99% de la fracción pesada de la arena (50-500 μm). Los óxidos están representados principalmente por la goetita y limonita. Los piróxenos (tipo hiperstena) y los anfíboles (tipo horblenda), así como otros minerales alterables (biotita y clorita) presentan una distribución inversa a la de los óxidos. Esta distribución sugiere que no existe relación entre el grado de evolución de los suelos y su composición mineralógica. Comportamiento que está relacionado con la naturaleza y la composición de los materiales parentales. Igualmente, la débil proporción (inferior a 10% o generalmente en forma de trazas) de minerales alterables no es el resultado de una intensa alteración en los suelos, sino, el producto de la herencia de la roca madre, lo cual constituye el factor determinante de la pedogénesis de los suelos estudiados.

La fracción arcilla de los suelos esta constituida por caolinita, vermiculita, ilita y diversos tipos de interestratificados (10-14Å); su distribución en el perfil muestra cierta evolución, la caolinita y vermiculita aumentan en los horizontes de superficie, mientras que la ilita y los interestratificados tienden a disminuir (Cuadro 4). En los horizontes A y Bt las arcillas dominantes son las caolinitas, excepto los perfiles 2, 3 y 8 donde domina las vermiculitas. Los contenidos de ilita son bajos en el conjunto de los perfiles, pero aumentan en los suelos desarrollados a altitudes superiores a los 2000 metros.

CUADRO 4. Composición mineralógica de la fracción arcilla de algunos horizontes de los suelos estudiados. Mérida-Venezuela.

Perfil	Prof. cm	Horizonte	Composición de la fracción arcilla			
1	0 - 16	A1	K ⁺³ ₁	V ² ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺²
	18 - 43	Bt1	K ⁺³ ₁	V ² ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺³
	92 - 145	C2	K ⁺³ ₁	V ² ₁	I ⁺³ ₁	10-14V ⁺³
2	0 - 13	A1	K ^{tr} ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺³ ₁	10-14V ⁺⁴
	13 - 84	Bt1	K ^{tr} ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺³ ₁	10-14V ⁺⁴
3	0 - 23	A1	K ^{tr} ₁	V ⁺² ₁	I ⁺³ ₁	10-14V ⁺⁴
	23 - 83	Bt1	K ^{tr} ₁	V ⁺² ₁	I ⁺³ ₁	10-14V ⁺⁴
	83 - 135	C2	K ^{tr} ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺³ ₁	10-14V ⁺⁴
4	0 - 14	A1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ⁺¹	
	14 - 50	Bt1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ⁺¹	
	70 - 95	C2	K ⁺³ ₁	V ⁺² ₁	I ⁺¹ ₁	10-14V ⁺³
5	0 - 20	A1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺¹	
	39 - 57	Bt1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺² ₁	I ⁺¹ ₁	10-14V ⁺³
6	0 - 12	A1	K ⁺³ ₁	14CV ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
	12 - 42	Bt1	K ⁺³ ₁	14CV ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
	89 - 170	C1	K ⁺⁴ ₁	14CV ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
7	0 - 10	A1	K ⁺³ ₁	14C - 14V ⁺⁴ ₁	I ⁺²	
	20 - 45	Bt1	K ⁺² ₁	14C - 14V ⁺⁴ ₁	I ⁺²	
	73 - 150	C1	K ⁺¹ ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺³
8	0 - 16	Bt1	K ⁺² ₁	V ⁺⁴ ₁	I ⁺²	
9	0 - 20	A1	K ⁺³ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺²
	20 - 63	Bt1	K ⁺³ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺³
10	0 - 10	A1	K ⁺² ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺³
	10 - 28	Bt1	K ⁺² ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺³
	66 - 125	C1	K ⁺² ₁	V ³ ₁	I ⁺² ₁	10-14V ⁺³
11	0 - 25	A1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
	25 - 58	Bt1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
	103 - 160	C1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ⁺¹	
12	0 - 10	A1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺² ₁	I ⁺¹	
	10 - 42	Bt1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺² ₁	I ⁺¹	
	93 - 200	C2	K ⁺⁴ ₁	V ⁺² ₁	I ⁺²	
13	0 - 13	A1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
	51 - 76	Bt2	K ⁺⁴ ₁	V ⁺⁴ ₁	I ^{tr}	
14	0 - 12	A1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺¹	
	12 - 61	Bt1	K ⁺⁴ ₁	V ⁺³ ₁	I ⁺¹	

K: Caolinita; V: Vermiculita; I: Iilita; 14C-14V, 10-14V, I-(10-14V), (10-14V)V: Interestratificados.

Abundancia: +4: abundante; +3: moderado; +2: poco; tr: trazas

La caolinita presenta un alto grado de ordenamiento cristalino, excepción perfiles 2 y 3, donde los contenidos de caolinita son muy bajos (en trazas). El alto grado de cristalinidad de la caolinita esta asociado a la ausencia de gibsita (Segalen, 1965), en los suelos estudiados no hay gibsita, pero sí está presente hematita y goetita. Simonett y Bauleke (1963) indican, para algunos suelos del norte de Queensland, Australia, que la caolinita mal cristalizada está asociada a la presencia de gibsita, hematita y goetita.

Los filosilicatos secundarios como vermiculita, clorita, montmorillonita, caolinita y haloisita son más abundantes en suelos formados sobre materiales parentales moderadamente meteorizados (Knox, 1968).

Los altos valores de relación sílice/aluminio (3,18 - 5,65) sugieren a las arcillas tipo ilita y vermiculita como dominantes en la fracción arcilla (Cuadro 5). Esto no coincide con la relativa importancia de la caolinita determinada por difractometría, ello puede deberse a la importante proporción de cuarzo en la fracción, que eleva los contenidos de sílice. Los valores de la relación sílice/sequióxidos son altos (2,47 - 4,81). En general, ellos disminuyen con la profundidad, los más bajos se encuentran en los horizontes Bt y A₂, lo cual indica una moderada movilización de los sequióxidos en el seno de los perfiles. La pérdida relativa de sílice y la concentración de aluminio y de hierro son procesos típicos de la ferralitización (Delvigne, 1965). De acuerdo con los resultados, se puede señalar que los suelos presentan una débil a moderada alteración, y en consecuencia se trata de suelos moderadamente evolucionados.

Los difractogramas de las rocas constituyentes del material parental (Figura 5) presentan una gran homogeneidad a nivel de las especies mineralógicas presentes: cuarzo, caolinita, micas y minerales a 14Å. El cuarzo es el mineral más importante, seguido por la caolinita. Las micas se encuentran en todas las muestras en proporciones variables. Los minerales a 14Å se encuentran en menores proporciones. Esta composición mineralógica es muy similar a la observada en la fracción arcilla de los suelos. Los minerales de los perfiles pedológicos provienen directamente del material parental sin sufrir transformación ni modificación, lo que puede ser considerado como una herencia según Edelman (1947), Camez (1947) y Millot (1964).

El medio donde se desarrollan los suelos puede aproximarse a un medio semi-confinado, con una lixiviación moderada, controlada por los altos contenidos de arcilla.

Las percolaciones verticales son relativamente lentas como lo confirma la presencia de fases de hidromorfía (manchas de color) en un cierto número de perfiles (1, 5, 8, 9, 10, 13).

La coexistencia en el complejo arcilloso de caolinita bien cristalizada e ilitas degradadas con interestratificados desorganizados y vermiculitas bien cristalizadas se asocia a la herencia de la roca madre y a una alteración moderada.

La caolinita, en los materiales parentales, presenta reflexiones largas y redondeadas (salvo perfiles 14 y 20) que indican un débil grado de ordenamiento cristalino. Mientras que en los suelos, ellas son estrechas y simétricas, indicando un buen grado de ordenamiento cristalino. Ello puede ser asociado a un estado de alteración más avanzado de la caolinita en el complejo de alteración de los suelos, es decir a una alteración por "envejecimiento".

Las otras arcillas (ilitas, vermiculitas e interestratificados) tienen un doble origen. Ellas pueden ser heredadas de la roca madre o pueden ser derivadas de las micas (moscovita en particular) por microdivisión (ilitas), y por apertura de las láminas, acompañada de una desaparición parcial o total de los iones de K⁺ fijados y su reemplazamiento por cationes intercambiables (vermiculita). Es posible, que debido a las condiciones de acidez del medio, estas vermiculitas sufran un proceso de aluminización. Una parte de los iones Al³⁺ de substitución es liberada y substituida por iones complejos hidratados Al(OH)²⁺ o Al(OH)⁺ que forman islotes, lo cual disminuye la capacidad de intercambio catiónico (vermiculitas aluminosas). Esto concuerda con los análisis de capacidad de intercambio catiónico de las arcillas. La transformación de ilitas en vermiculitas se expresa mejor en los horizontes de superficie donde su presencia es más importante.

La caolinita, también es más importante en la parte superior del suelo. Se puede pensar entonces que la MO ejerce una acción considerable en la alteración (alteración bioquímica).

La MO, en el medio, está caracterizada por el tipo de humus Mull ácido oligotrofo (mull evolucionado con humificación biológica dominante, Duchafour, 1988), lo cual asociado a las condiciones de acidez y desaturación permiten señalar a la acidólisis como el proceso motor de la alteración de los suelos estudiados.

CUADRO 5. Composición química total de los suelos estudiados (fracción inferior a 2 μ m). Mérida - Venezuela.

Perfil	Composición química (%)									Relación molecular	
	Horiz.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Pérdida al Fuego	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
1	A1	62,57	18,21	4,89	3,18	0,00	0,16	0,00	10,04	5,83	4,98
	A2	57,42	22,67	6,08	1,91	0,00	0,37	0,00	10,7	4,30	3,67
	Bt1	55,11	21,93	8,81	3,29	0,00	0,15	0,05	9,89	4,26	3,39
	Bt2	50,87	25,17	6,77	3,42	0,29	0,57	0,00	11,05	3,43	2,93
	C1	51,14	24,99	6,73	3,17	0,00	0,18	0,00	12,75	3,47	2,96
	C2	53,44	22,39	8,05	3,09	0,21	0,13	0,15	11,98	4,05	3,29
2	A1	55,68	21,31	6,31	4,28	0,58	0,42	0,44	10,29	4,43	3,73
	Bt1	57,67	22,22	7,60	2,26	0,91	0,51	0,10	8,17	4,40	3,62
	Bt2	54,85	22,59	8,58	3,31	0,63	0,62	0,20	8,93	4,12	3,32
3	A1	57,68	23,43	5,09	3,84	0,05	0,85	0,00	8,75	4,18	3,67
	Bt1	58,63	24,05	4,9	3,08	0,17	0,37	0,00	8,52	4,14	3,66
	C1	56,85	23,50	4,65	3,43	0,50	0,96	0,07	8,80	4,11	3,65
	C2	57,32	24,85	4,12	3,23	0,67	0,51	0,09	8,04	3,91	3,54
5	A1	54,55	24,87	7,49	2,15	0,01	0,53	0,00	9,80	3,72	3,12
	A2	56,24	24,77	6,76	1,95	0,05	0,19	0,00	9,20	3,85	3,28
	Bt1	55,15	25,00	7,3	2,87	0,16	0,23	0,00	8,35	3,74	3,16
	Bt2	54,7	24,17	7,48	2,45	0,22	0,21	0,00	9,26	3,84	3,21
6	A1	55,32	25,89	5,43	1,67	0,31	0,37	0,00	9,91	3,63	3,20
	Bt1	53,77	26,48	4,53	1,53	0,00	0,23	0,00	12,40	3,45	3,11
	Bt2	57,63	23,79	4,05	1,72	0,23	0,33	0,00	11,08	4,11	3,71
	C	55,19	25,77	6,95	2,35	0,41	0,14	0,32	8,10	3,63	3,10
7	A1	59,61	22,69	3,15	2,76	0,27	0,35	0,00	10,87	4,46	4,10
	A2	59,83	21,35	4,77	2,61	0,08	0,25	0,35	10,03	4,76	4,16
	Bt1	56,57	22,94	4,16	2,91	0,00	0,43	0,77	11,31	4,19	3,75
	Bt2	57,13	21,87	6,00	3,25	0,09	0,13	0,93	9,99	4,43	3,77
	C	57,86	20,83	6,60	2,76	0,12	0,11	0,81	10,21	4,71	3,92

..../... continúa

./...continuación CUADRO 5.

Perfil	Composición química (%)								Relación molecular		
	Horiz.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	Pérdida al fuego	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
8	A1	57,99	24,07	5,49	0,00	0,00	0,44	0,00	9,10	4,09	3,57
	Bt1	57,05	25,01	5,71	0,00	0,15	0,37	0,00	7,07	3,87	3,38
9	A1	57,09	23,10	5,30	1,95	0,43	0,57	0,10	10,61	4,19	3,66
	Bt1	55,15	24,85	4,50	1,87	0,07	0,78	0,35	11,77	3,77	3,38
	Bt2	54,30	24,30	4,17	2,91	0,01	0,52	0,02	12,87	3,79	3,42
10	A1	62,01	23,15	3,78	3,18	0,15	0,47	0,00	6,27	4,55	4,12
	Bt1	60,25	23,66	3,68	3,06	0,61	0,71	0,00	7,20	4,32	3,93
	Bt2	60,21	22,97	2,90	3,12	0,43	0,37	0,00	8,76	4,45	4,12
	C1	59,67	22,63	4,83	3,25	0,55	0,55	0,00	7,51	4,48	3,94
11	A1	58,87	19,30	2,89	3,06	0,31	0,55	0,02	13,95	5,18	4,72
	Bt1	59,04	18,52	2,13	3,97	0,10	0,73	0,37	14,12	5,41	5,04
	Bt2	58,33	19,27	4,54	3,16	0,08	0,17	0,16	13,16	5,14	4,47
	C	60,58	19,51	4,07	3,25	0,00	0,13	0,09	11,35	5,27	4,65
12	A1	58,11	20,21	3,32	2,92	0,32	0,38	0,00	12,72	4,88	4,42
	Bt1	57,63	19,95	3,94	3,15	0,09	0,69	0,53	13,05	4,90	4,35
	Bt2	57,77	20,33	3,17	3,52	0,04	0,11	0,22	13,37	4,82	4,39
	C1	59,06	19,07	3,72	3,09	0,02	0,09	0,11	13,19	5,26	4,67
	C2	65,03	18,97	2,76	3,23	0,00	0,15	0,02	8,95	5,82	5,32
13	A1	62,72	21,95	4,45	0,95	0,00	0,15	0,00	8,76	4,85	4,29
	Bt1	57,30	25,01	4,60	1,01	0,17	0,41	0,00	10,25	3,89	3,48
	Bt2	58,25	25,34	4,62	0,89	0,16	0,29	0,00	9,56	3,90	3,49
	C1	59,95	25,15	3,90	0,78	0,10	0,15	1,90	7,17	4,05	3,68
	C2	62,10	21,80	3,93	1,17	0,05	0,10	0,78	9,15	4,83	4,34
14	A1	58,91	22,83	3,32	2,85	0,43	0,18	0,01	10,91	4,38	4,01
	Bt1	57,67	22,91	3,17	2,79	0,93	0,59	0,01	10,87	4,27	3,93
	Bt2	58,75	22,59	3,02	3,01	0,21	0,16	0,00	11,27	4,41	4,07

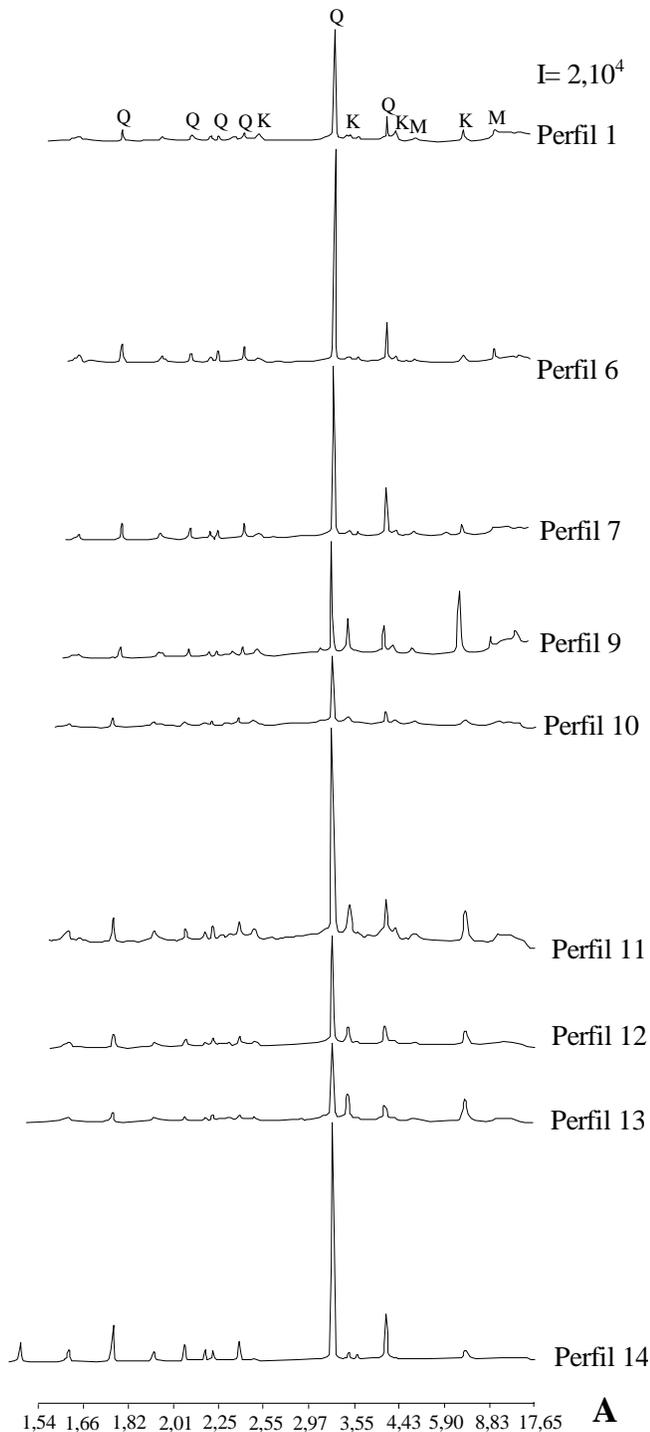


FIGURA 5. Difractogramas de las rocas “sanas” de algunos perfiles. (K: Caolinitas, M: Micas, Q: Cuarzo).

La abundancia y buena conservación de minerales no caoliniticos (vermiculitas en particular) sugieren que los minerales constituyentes de las lutitas (roca madre) no han sufrido una transformación intensa y que esta se ha ido intensificando poco a poco durante el tiempo, bajo las condiciones del medio húmedo y relativamente fresco.

Por lo tanto, se puede identificar a la vermiculita como un mineral indicativo de la alteración moderada de los minerales de los suelos estudiados. Lo cual coincide con el débil estado de cristalización que presentan los óxidos de hierro.

CONCLUSIONES

- Las principales características que permiten identificar a los suelos como Ultisoles son: movilización de arcilla, reacción ácida y bajos porcentajes de saturación de bases. Ellos se clasifican como Typic Haplohumults (perfiles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 14), Oxiaquic Hapludults (perfiles 10 y 13) y Typic Hapludults (8 y 9).
- La textura fina, la reacción ácida, la dominancia de minerales resistentes a la alteración en la fracción arena y la coexistencia en la fracción arcilla de caolinita bien cristalizadas e ilitas degradadas con interestratificados desorganizados y vermiculitas bien cristalizadas se asocia a la herencia de la roca madre (lutitas cretácicas ácidas que han sufrido varios ciclos de transformación) y a una alteración moderada. La abundancia y buena conservación de minerales no caoliniticos (vermiculitas en particular) sugieren que los minerales constituyentes de las lutitas (roca madre) no han sufrido una transformación intensa y que esta se ha ido intensificando poco a poco durante el tiempo, bajo las condiciones del medio húmedo y relativamente fresco.
- Por lo tanto, se puede identificar a la vermiculita como un mineral indicativo de la alteración moderada de los minerales de los suelos estudiados. Lo cual coincide con el débil estado de cristalización que presentan los óxidos de hierro.
- El desarrollo de Ultisoles en la zona estudiada está fundamentalmente asociado a la presencia de un material parental de origen sedimentario con textura fina y baja reserva de minerales alterables (lutitas), independientemente de las condiciones bio-climáticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Boul S., R., R. J. Soutard, R. C. Graham and P. A. McDaniel. 2003. Soil Genesis and classification. Iowa State University Press. USA. 494 pp.
- Bray, R. H. and F. T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59: 39-45.
- Brewer, R. 1964. Fabric and mineral analysis of soils. Ed. John Wiley and Sons. New York. 470 pp.
- Bullock, P., N. Fedoroff, G. Stoops and T. Tursina. 1985. Handbook of Soil thin Section Description. Waine Research Publications. Wolverthampton. 155 pp
- Camez, T. 1947. Étude sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols de Tunis. Régence de Tunis-Protectorat Français. 105 pp.
- Chamayou, H. et J. P. Legros. 1989. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la Science du Sol. Agence de Coopération Culturelle et Technique. PUF, Paris, France. 593 pp.
- Delvigne, J. 1965. Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. DUNOD, Paris. 177 pp.
- Duchaufour, Ph. 1988. Pédologie. Masson, Paris. 2e. édition. 224 pp.
- Edelman, C. H. 1947. Relations entre les propriétés et la structure de quelques minéraux argileux. *Verres et Silicates*, 12-6: 3-6.
- Erlich, W., H. M. Rice and J. H. Ellis. 1955. Influence of composition of parent materials on formation in Manitoba. *Can. J. Soil Sci.*, 35: 407-421.
- Fedoroff, N. 1969. Genèse et morphologie des sols à horizon B textural en France Atlantique. *Science du Sol*, 1:29-65.
- Jongierius, A. and G. Heintz Berger. 1963. The preparation of mammoth-Sized thin sections. Soil survey papers N.W. Wageningen. 37 pp.
- Kittrick, J. A. and E. H. Hope. 1963. A procedure for the particle size separation of X ray diffraction analysis. *Soil Sci*, 96(3):318-325.
- Knox, E. G. 1968. Curso de Génesis y Clasificación de Suelos. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. 48 pp.
- Köppen, W. 1948. Climatología. Hendrichs, PR. (Trad.). Fondo de Cultura Económica. México. Buenos Aires. 478 pp.
- Malagón, D., G. Ochoa y J. Oballos. 2004. Caracterización físico-química mineralógica y génesis de suelos de planicies cuaternarias, región sur de San Fernando de Apure, Venezuela. *Agrochimica*, XLVIII (1-2):25-41.
- Miles, R. J. and D. P Franzmeier. 1981. Lithochrono- sequence of soils formed in dune Sand. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:362-367.
- Millot, G. 1964. Géologie des argiles. Masson et Cie. Paris, France. 499 pp.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report. N° 42. Version 3. USDA. Washington, DC. 693 pp.
- Oballos, J. y G. Ochoa. 1991-1992. El Material Parental como un factor en la génesis de algunos Ultisoles en la región andina (>1500 msnm). *Revista Forestal Venezolana*, XXV y XXVI, 35 y 36: 45-59.
- Ochoa, G. y J. Oballos. 1994. Génesis de suelos en la región andina Santa Elena de Arenales-Las Cruces. Estado Mérida. Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, XXVIII, 38:49-54.
- Ochoa, G. y J. Oballos. 2002. La homogeneidad múltiple y la evolución de los suelos en la región Socopó – Barinas, Venezuela. *Agrochimica*, XLVI (5):221-230.
- Ochoa, G., J. Oballos, E. Jaimes y J. Manrique. 2004. Relación entre el material parental y el pH de los suelos en los Andes Venezolanos. *Revista Geográfica Venezolana*, 45(2):281-288.
- Segalen, P. 1965. Les produits alumineux dans les sols de la zone tropicale humide. 1^{re} partie: Les produits alumineux. *Cahiers ORSTOM. Pédologie*, III (2):149-176.
- Shaw, J. N., L. T. West and B. F. Hajek. 2001. Ca-Mg ratios for evaluating pedogénesis in the piedmont province of the southeastern United States of America. *Can. J. Soil. Sci.*, 81:415-421.

EVALUACIÓN DE UN BIOFUNGICIDA PARA EL CONTROL DE LA MANCHA BANDEADA DEL MAÍZ CAUSADA POR *Rhizoctonia solani* Kühn EN SIEMBRAS COMERCIALES EN PORTUGUESA, VENEZUELA

EVALUATION OF A BIOFUNGICIDE FOR THE CONTROL OF MAIZE BANDED STRIPE *Rhizoctonia solani* Kühn ON COMMERCIAL FIELDS AT THE PORTUGUESA STATE, VENEZUELA

Pedro J. García M.*, Samuel R. Cabrera P.*, Jimmy J. Sánchez** y Alberto A. Pérez C.*

* Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Portuguesa (INIA – Portuguesa). Apdo. Postal No. 102, Acarigua 3301. Email: pejoga@cantv.net, scabrera@cantv.net. ** Investigador. Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA). Departamento Técnico. Apdo. 102. ASOPORTUGUESA@cantv.net

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de un biofungicida, a base de *Trichoderma harzianum*, sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad mancha bandeada del maíz causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn, anamorpho de *Thanatophorus cucumeris*, en parcelas comerciales en el estado Portuguesa, Venezuela, durante el ciclo de lluvias de 2001. Se seleccionaron parcelas en 8 localidades donde se presentaba la enfermedad en forma endémica. Las mismas fueron subdivididas en 2 lotes de aproximadamente 5 ha c/u; uno se trató con el biofungicida y el otro se dejó sin tratar. La aplicación se hizo en 2 fases: tratando la semilla con 100 g del biofungicida /20 kg de semilla y una segunda aplicación a los 30 días después de la siembra usando 3,0 l del producto comercial /ha. En cada parcela la siembra de los lotes tratados y no tratados se realizó de manera simultánea. La incidencia y la severidad de la enfermedad se determinaron a los 70 días después de la emergencia, seleccionando 5 puntos de muestreo distribuidos uniformemente en cada lote. La incidencia fue determinada utilizando un arreglo factorial en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones y la severidad por vía no paramétrica mediante la prueba de Friedman. En promedio, el biofungicida disminuyó cerca de 50% la incidencia de la enfermedad en todas las localidades. Los resultados mostraron el efecto benéfico del biofungicida, representando una alternativa viable, eficaz y amigable con el ambiente para el control de la enfermedad.

Palabras Clave: *Zea mays*; *Thanatophorus cucumeris*; incidencia; severidad.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the effect of a biofungicide, *Trichoderma harzianum*, on the incidence and severity of the disease maize banded leaf caused by *Rhizoctonia solani* Kühn fungus, anamorph of *Thanatophorus cucumeris*, in commercial fields of corn, at the Portuguesa State, Venezuela, during the rainy season of the 2001 year. We selected commercial plots in eight locations normally affected by the disease. In each place the plots were divided in two areas, each one of about 5 ha; in each place one of the 5 ha was treated with the biofungicide, and the other one was allowed without any application. The biofungicide dose was split: at the sowing time in the seed (100 g of biofungicide /20 kg of seed), and 30 days after sowing in a dose of 3 liters of the commercial product /ha. Treated and no treated plots were sowed at the same time. We evaluated the incidence and severity of the fungus at about 70 days of the crop cycle, in 5 areas inside each plot. The incidence was analyzed using a factorial arrangement in a randomized block design with 5 replications, while the severity was analyzed using the Friedman non-parametric test. We found that the biofungicide reduced the disease in 50% in all locations. This result showed the beneficial effects of the biofungicide, and it represent a valuable, successful and environmental friendly alternative to control the disease.

Key Word: *Zea mays*; *Thanatophorus cucumeris*; incidence; severity.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades producidas por microorganismos fitopatógenos, tales como bacterias, nemátodos u hongos, constituyen la principal causa de pérdida en la producción agrícola, tanto en cosecha como en postcosecha (Rey *et al.*, 2000). Dentro de los distintos fitopatógenos, los hongos constituyen uno de los principales grupos, tanto por la diversidad de especies existentes, como por las pérdidas que ocasionan en los diferentes rubros agrícolas (Papavizas, 1985).

La manera como comúnmente se combaten tales pérdidas ocasionadas por los organismos fitopatógenos es a través del uso de compuestos químicos (control químico), los cuales se caracterizan por tener una elevada eficacia y una gran rapidez en el control, pero también por su falta de especificidad al eliminar organismos benéficos junto con los fitopatógenos, además causan contaminación ambiental y riesgos sobre la salud humana (Larkin y Fravel, 1998; Rey *et al.*, 2000).

Los inconvenientes que presenta el control químico se han potenciado en los últimos años debido al cambio en los sistemas de cultivos (monocultivos, explotaciones intensivas, etc). Esta condición, unida a una mayor conciencia en la sociedad actual, ante el enorme deterioro medioambiental que supone la utilización masiva de compuestos químicos, ha provocado un gran interés en la búsqueda de sistemas alternativos de control de los organismos fitopatógenos (Rey *et al.*, 2000).

El uso de agentes biológicos es una estrategia promisoría para el control de enfermedades foliares y de patógenos que viven en el suelo, representando además una práctica compatible con los principios de manejo de sistemas agrícolas sustentables (Lo, 1998). *Trichoderma* spp., es el agente biológico más comúnmente utilizado en el control de hongos patogénicos que contaminan el suelo, el aire y producen enfermedades postcosecha en diversos rubros agrícolas (Moussa, 2002; Lo *et al.*, 1996). La preferencia en la utilización de las especies de este antagonista es debido a su ubicuidad, a la facilidad para ser aislados y cultivados, a su rápido crecimiento en una gran variedad de sustratos y a que no atacan a plantas superiores (Ezziyani *et al.*, 2004; Papavizas *et al.*, 1982).

Los mecanismos utilizados por las cepas del género *Trichoderma* para controlar al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: competición directa por el espacio o por los nutrientes (Belanger *et al.*, 1995; Elad y Baker, 1985), producción de metabolitos antibióticos,

ya sean de naturaleza volátil o no volátil (Sid Ahmed *et al.*, 2000; 2003) y parasitismo directo sobre el hongo fitopatógeno (Yedidia *et al.*, 1999). Durante el micoparasitismo, el antagonista localiza al patógeno y se enrolla alrededor de las hifas de éste, provocando su muerte. Estos tres mecanismos no son excluyentes sino que actúan sinérgicamente en el control de los patógenos. Las condiciones ambientales y el tipo de relación que establezca cada pareja de antagonista – patógeno, determinará la importancia relativa de cada uno de los mecanismos antes indicados (Rey *et al.*, 2000).

En el estado Portuguesa, la principal región productora de maíz en Venezuela, se ha venido presentando desde mediados de los años 90 la enfermedad conocida con el nombre de “Mancha bandeada del maíz” o simplemente *Rhizoctonia* del maíz, causada por un hongo del suelo. Cardona *et al.* (1999), en el ciclo de lluvia de 1995, identificaron al patógeno como *Rhizoctonia solani* Kühn, el cual se encontró afectando hojas, tallo y mazorcas de plantas de maíz en diferentes estados de desarrollo, en siembras comerciales de la Colonia Agrícola de Turén. De acuerdo a Cabrera y García (2002), un estudio tendiente a determinar el tipo de anastomosis al que pertenece el hongo fue realizado por el Dr. Ogoshi en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Hokkaido, Japón. En el mismo se utilizaron muestras de esclerocios colectados en diferentes localidades del estado Portuguesa y se identificó al patógeno como *R. solani*. El patógeno, cultivado a partir de los esclerocios enviados, fue compatible con los aislamientos representativos del grupo AG-1 IA y IB. Además se encontró que las características en medios de cultivo, especialmente la morfología del esclerocio, son las del grupo AG-1 IA.

Por otro lado, De León (1999) indicó que la enfermedad del maíz conocida como “Mancha bandeada de la hoja”, causada por el hongo *R. solani*, se conoce en América y Asia desde hace muchos años, pero recientemente se le ha señalado una más amplia distribución asociada a una mayor incidencia en parcelas comerciales de maíz que llegan a afectar la producción de las plantas dañadas. Zambrano *et al.* (1999), expresaron que la habilidad de este hongo de ser un saprófito competitivo, combinado con la de un patógeno potencial y un amplio rango de hospederos, permite clasificarlo como un patógeno de importancia económica.

En el estado Portuguesa se cultivan aproximadamente 200 000 ha de maíz (40% de la superficie nacional) bajo condiciones de tempero (bajo lluvias), donde se siembran híbridos producidos por el sector público y empresas privadas (nacionales y multinacionales). Sin excepción,

todos los cultivares disponibles comercialmente han mostrado susceptibilidad a la enfermedad y siembras recientes han presentado mayor incidencia en la mayoría de las zonas productoras de la región que han afectado su producción, debido a una condición climática favorable y/o posible acumulación de inóculo en el suelo. Cabrera y García (2002), mostraron pérdidas en el peso de mazorcas de plantas afectadas por la enfermedad de hasta un 30%, en siembras comerciales del estado Portuguesa.

El hongo causante de la enfermedad sobrevive en condiciones naturales en forma de saprófito en el suelo, pero en condiciones climáticas adecuadas puede llegar a convertirse en patógeno (Sinclair, 1970). El patógeno es un hongo omnívoro con un amplio rango de hospederos. El control químico de la enfermedad se dificulta por el incremento del hongo en un amplio rango de plantas hospederas susceptibles y por su permanencia en el suelo.

Existen investigaciones que indican reducciones de daños causados por *R solani* con la utilización de agentes biológicos de control, mediante mecanismos de hiperparasitismo, antibiosis y competencia, como lo realiza el hongo *Trichoderma harzianum* Rafai (Hadar *et al.*, 1979; Elad *et al.*, 1980; Hoitink y Boehm, 1999; Melo y Faull, 2000).

El trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de un biofungicida, basado en *Trichoderma harzianum*, sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad, en parcelas comerciales de maíz en el estado Portuguesa, Venezuela, durante el ciclo de lluvias de 2001.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro del Programa de Asistencia Técnica de la Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA), se seleccionaron productores de maíz, en cuyas fincas se presentaba la enfermedad en forma endémica. Las parcelas seleccionadas en cada finca se dividieron en dos lotes iguales de aproximadamente 5 ha, una de ellas para ser tratada con el biofungicida en prueba y la otra porción sin tratar. En total, se seleccionaron 8 parcelas, involucrando 6 productores ubicados en 2 de los principales municipios productores de maíz en la región (Cuadro 1).

Los cultivares de maíz utilizados fueron los elegidos por los agricultores en sus siembras comerciales en el ciclo de lluvias de 2001. La preparación de los suelos se realizó basada en pases de rastra de discos. Solamente un productor (localidad Caño Amarillo) aplicó un pase profundo con arado de discos además de los sucesivos pases de rastra de discos. Todos los lotes se sembraron del 16 al 22 de mayo de 2001.

La aplicación del biofungicida se hizo en 2 fases: antes de la siembra aplicando a la semilla 100 g del biofungicida /20 kg de semilla, seguida de una segunda aplicación a los 30 días después de la siembra (DDS), usando 3,0 l del producto comercial /ha, con una concentración de 3×10^9 conidios/l. Para esta aplicación se utilizaron asperjadoras hidráulicas de 400 l acopladas al tractor.

CUADRO 1. Identificación de los lotes, productores involucrados en el estudio, fechas de siembra y cultivares utilizados.

Localidad	Nombre de Localidad	Municipio	Productor	Fecha de siembra	Cultivar
1	Uveral	Esteller	Domingo Segovia	22/05/01	P-30F94
2	Uveral	Esteller	Domingo Segovia	17/05/01	P-30M48
3	Las Caramas	Turén	Óscar Roldan	16/05/01	C - 580
4	Caño Amarillo	Turén	Donato Pestana	18/05/01	C - 114
5	El Candil	Turén	Celestino Hernández	17/05/01	P-30M48
6	El Candil	Turén	Celestino Hernández	17/05/01	FUNIP-5
7	Uveral	Esteller	Amadeo Arjona	22/05/01	C - 114
8	El Gateao	Esteller	Ricardo Peraza	18/05/01	C - 114

En cada finca los lotes, tratados y no tratados, se sembraron en la misma fecha, utilizando sembradoras de maíz calibradas para depositar 6 semillas por metro lineal. La separación entre hileras varió entre 0,80 m a 0,90 m, dependiendo del criterio de los agricultores.

El cultivo se fertilizó en todos los lotes con una dosis aproximada de 120, 80 y 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, aplicando una fórmula básica al momento de la siembra y una dosis adicional de fertilizante nitrogenado a los 30 DDS, correspondiente a las 2/3 partes del nitrógeno recomendado. El resto del manejo se hizo siguiendo las recomendaciones técnicas sugeridas para cada zona de producción.

Tanto la incidencia como la severidad de la enfermedad se determinaron seleccionando 5 puntos de muestreo, distribuidos uniformemente en cada lote. En cada punto de muestreo, consistente de 20 m de longitud sobre una hilera de maíz, se registró el porcentaje de plantas enfermas por Rhizoctonia.

Dentro de cada muestra, del total de plantas enfermas se seleccionaron 10 plantas al azar en las cuales se determinó la severidad de la enfermedad, utilizando una escala de 1 a 5, en función de la altura alcanzada por la enfermedad en la planta, donde 1 correspondió a plantas que presentaron la enfermedad hasta los 25 cm, 2 se relacionó con plantas que presentaron la enfermedad a una altura mayor a los 25 cm, pero no más allá de los 50 cm; 3 correspondió a plantas que presentaron la enfermedad en el intervalo entre los 50 y 75 cm de altura; el valor de 4 fue dado a aquellas plantas que presentaron la afección entre los 75 y 100 cm, mientras que el nivel 5 fue considerado cuando las plantas presentaron la enfermedad por encima de los 100 cm. La evaluación se llevó a cabo aproximadamente a los 70 días después de la emergencia del cultivo, considerando que es la etapa en la cual se consiguen los niveles más altos de incidencia y severidad, no sólo de Rhizoctonia.

Los valores de incidencia de la enfermedad fueron analizados utilizando un arreglo factorial con 2 factores (localidad y tratamiento) en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones, tomando cada punto de muestreo como una repetición. La determinación de los cuadrados medios y pruebas de F, se hizo considerando un modelo mixto, donde los tratamientos (lotes tratados y sin tratar) se tomaron como efectos fijos y localidades y repeticiones como efectos aleatorios. Previo a la realización del análisis de varianza se comprobaron los supuestos básicos estadísticos, conforme a Steel y Torrie (1988). El análisis

de la variable severidad fue realizado utilizando los valores obtenidos según la escala descrita anteriormente, por vía no paramétrica, mediante la prueba de Friedman (Ramírez y Quito, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya fue mencionado, la aplicación del biofungicida en estudio se hizo en 2 fases. No obstante, en el tratamiento de semilla se utilizó una formulación en polvo en suspensión, mientras que la segunda aplicación efectuada a los 30 días se hizo con una formulación líquida. La razón de utilizar la formulación en polvo en suspensión para el tratamiento a la semilla fue debido a que con este tipo de presentación del producto comercial se obtiene mayor uniformidad en la aplicación. Sin embargo, la formulación en polvo no es recomendada para aplicaciones con equipos de aspersión, debido a que ocasiona muchos problemas en las boquillas de salida.

El análisis combinado de la varianza mostró efectos altamente significativos para la interacción de primer orden Trat x Loc (Cuadro 2), sugiriendo que el efecto del biofungicida no fue igual en los diferentes ambientes. Se encontró diferencias altamente significativas para el efecto tratamiento en cada una de las localidades donde se llevó a cabo las evaluaciones del producto (Cuadro 3).

En la prueba de medias se encontró que el biofungicida fue efectivo para disminuir significativamente ($P \leq 0,01$) la incidencia de la enfermedad en la mayoría de las localidades en más de un 50%, excepto en Caño Amarillo y Las Caramas, en donde se observaron las reducciones más bajas en los niveles de incidencia al aplicar el biofungicida (Cuadro 4). Cabrera y García (2002) al evaluar la incidencia y severidad de esta enfermedad en 18 localidades del estado Portuguesa encontraron un gradiente en los niveles de incidencia y severidad, desde la zona de piedemonte hacia la planicie aluvial y la mayor incidencia encontrada en la zona de la planicie se la atribuyeron, entre otros factores, a la presencia del patógeno en fincas arroceras en esta zona, que pudieran incrementar la presión de inóculo en el suelo.

Basado en las conclusiones de estos autores, se asume la presencia de una mayor presión de inóculo del patógeno en las fincas ubicadas en las Caramas y Caño Amarillo en la planicie aluvial en donde existen condiciones ambientales más propicias para el desarrollo del patógeno, comparado con el resto de las parcelas evaluadas en este estudio.

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis combinado de la varianza, efectuado sobre la incidencia de *R. solani* en lotes tratados y no tratados con el biofungicida.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios
Localidad (Loc)	7	1 578,44**
Repetición /Loc	32	12,52
Tratamiento (Trat)	1	18 133,45**
Trat x Loc	7	71,81**
Error	32	10,78
Total	79	
CV (%)		8,52

** Indica diferencias altamente significativas ($P \leq 1\%$)

Los lotes correspondientes a Caño Amarillo y Las Caramas tuvieron siembras adyacentes de arroz (*Oriza sativa*) en donde *R. solani* es un problema común, por lo que siempre han tenido una alta presión de inóculo. La finca de la localidad Caño Amarillo también fue utilizada por Zambrano *et al.* (2000) para medir el potencial de inóculo de *R. solani* en el suelo, resultando entre las que dieron los valores más altos, con una incidencia probable mayor al 50%, corroborando la influencia que puede tener una fuente de inóculo permanente, como es el cultivo del arroz.

CUADRO 3. Cuadrados medios del análisis de la varianza por localidad, efectuado sobre la incidencia de *R. solani* en lotes tratados y no tratados con el biofungicida.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Localidades							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Repetición	4	40	14	4	3	7	1	10	21
Tratamiento	1	2405**	2371**	1062**	1627**	2458**	3433**	3257**	
2023**									
Error	4	20	19	5	16	6	6	5	8
Total	9								
	CV(%)	16,05	16,01	3,89	6,84	7,04	8,11	6,55	7,97

** indica diferencias altamente significativas ($P \leq 1\%$)

Los lotes que recibieron el biofungicida resultaron con un valor de incidencia promedio de 23,49%, estadísticamente inferior ($P \leq 0,01$) al promedio de incidencia registrado en los lotes no tratados con el biofungicida (53,60%).

Esto indica una reducción de alrededor de un 50% en la incidencia de Rhizoctonia. Los resultados muestran la efectividad del biofungicida en la reducción de la incidencia de la enfermedad, lo que representa una alternativa viable para convivir con el patógeno, mientras se encuentren medidas preventivas o curativas más eficaces. Trabajos anteriores han señalado alta efectividad de *T. harzianum* para el control de los daños causados por diferentes organismos fitopatógenos en diferentes cultivos (Etebarian *et al.*, 2000; Ezziyyani *et al.*, 2004; Melo y Faull, 2000; Larkin y Fravel, 1998).

Respecto a la severidad de la enfermedad, en la prueba no paramétrica de Friedman se detectó la influencia de localidad y tratamientos (Cuadro 5), sugiriendo que al menos 2 de las localidades presentaron valores significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) para esta variable.

De igual manera sugiere que la severidad registrada en los lotes tratados con el biofungicida fue diferente ($P \leq 0,05$) a la de aquellos que no recibieron dicho tratamiento. Las diferencias en los niveles de severidad, encontrado entre las localidades, las está generando la localidad 8, en donde se registraron los valores más altos de severidad, tanto en los lotes tratados, como en los no tratados (Cuadro 4).

CUADRO 4. Valores promedios de incidencia y severidad de *Rhizoctonia* en ocho localidades del estado Portuguesa en el año 2001.

Localidad	Nombre de Localidad	Lotes Tratados		Lotes no tratados	
		Incidencia (%)	Severidad	Incidencia (%)	Severidad
1	Uveral	12,7 b	1	43,7 a	2
2	Uveral	11,6 b	2	42,4 a	2
3	Las Caramas	47,3 b	2	67,9 a	2
4	Caño Amarillo	46,1 b	2	71,6 a	2
5	El Candil	18,7 b	2	50,0 a	3
6	El Candil	12,9 b	2	49,9 a	3
7	Uveral	16,5 b	1	52,6 a	2
8	El Gateao	22,2 b	4	50,7 a	5

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) de medias entre los lotes tratados y no tratados.

En esta localidad, la enfermedad pudo alcanzar la altura de inserción de la primera mazorca, considerando que el cultivar sembrado (C-114) es un cultivar de porte bajo, con una posición de mazorca ubicada a aproximadamente 1 m del nivel del suelo.

Por otro lado, los niveles más bajos de severidad en los lotes tratados se observaron en las localidades 1 y 7, mientras que las restantes presentaron valores de 2 en los lotes tratados y entre 2 a 3 en los lotes no tratados con el biofungicida (Cuadro 4).

Tomando en cuenta los niveles de severidad encontrados en los diferentes ambientes donde se llevó a cabo el estudio, las reducciones observadas en los porcentajes de plantas enfermas pueden considerarse de mayor importancia en las localidades 5, 6 y 8, que las observadas en el resto de los ambientes evaluados.

CUADRO 5. Estadístico de Friedman para la severidad de *Rhizoctonia*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Estadístico de Friedman
Localidad	7	11,52 *
Tratamiento	1	5,00 *

Estudios previos realizados por Cabrera y García (2002) demostraron que una planta de maíz a la edad de 80 días afectada por *R. solani* presentando un nivel de severidad 3, puede disminuir el peso de mazorca hasta en más de un 30%. En consecuencia, las reducciones del rendimiento de estos 3 lotes (localidades 5, 6 y 8) debieron ser mucho mayores en los lotes que no recibieron el tratamiento con el biofungicida, comparado con aquellos tratados con *T. harzianum*, debido a que los lotes tratados, además, de presentar menor incidencia, presentaron también severidad más baja.

Niveles de severidad de hasta 2 se pueden considerar poco relevantes en cuanto al daño ocasionado directamente a la mazorca, como es la pudrición del grano, ya que aún en los materiales de porte bajo, la enfermedad debería avanzar 40 cm adicionales para alcanzar la altura de la primera mazorca. No obstante, niveles de severidad 3 son considerados críticos, porque significaría que la enfermedad está muy próxima a la altura de inserción de la primera mazorca, en los cultivares de porte bajo.

Aún en los cultivares de porte intermedio a altos (1,30 a 1,50 m altura de posición de mazorca) la enfermedad puede llegar a la altura de la mazorca, si las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del patógeno.

En general, la severidad fue menor en todos los lotes tratados que en aquellos que no recibieron el tratamiento con el biofungicida, excepto en las localidades 2 (Uveral),

3 (Las Caramas) y 4 (Caño Amarillo) en donde se presentó una severidad de 2 en ambos casos (Cuadro 4). Esta baja respuesta del biofungicida en estas localidades pudo deberse a la presencia de condiciones ambientales no favorables para el desarrollo de la enfermedad, ni para el desarrollo del hongo antagonista *T. harzianum*. Esto se evidencia en los resultados encontrados en las localidades 3 y 4, en donde se observaron los valores más altos de incidencia de *R. solani*, sugiriendo que en alguna etapa de desarrollo del cultivo las condiciones fueron favorables para que se iniciara el proceso de infección, pero luego de iniciado, dichas condiciones no perduraron y la enfermedad no avanzó. En todo caso, se necesita la información de clima de los diferentes sitios de estudio, para poder explicar con mayor detalle estos resultados.

Los lotes tratados con el biofungicida presentaron una severidad promedio de 2,0 estadísticamente ($P \leq 0,05$) inferior a la de los lotes sin este tratamiento, los cuales presentaron una severidad promedio de 2,63.

De acuerdo a los resultados el biofungicida fue efectivo, no solo en reducir el porcentaje de plantas afectadas, sino también la altura que pudiera alcanzar la enfermedad en la planta. En este sentido, se puede considerar como una alternativa viable, eficaz y compatible con el medio ambiente en el control de la mancha bandeada del maíz.

CONCLUSIONES

- El efecto del biofungicida no fue igual en todos los ambientes de estudio.
- Las localidades Las Caramas y Caño Amarillo presentaron los porcentajes más altos de incidencia de *R. solani*.
- En promedio, el biofungicida disminuyó en alrededor de un 50% la incidencia de la enfermedad en todas las localidades.
- Sólo en la localidad el Gateao la enfermedad sobrepasó el punto de inserción de la primera mazorca de la planta.
- Los resultados del estudio mostraron la efectividad del biofungicida en el control de la enfermedad, representando una alternativa viable para convivir con el patógeno, mientras se encuentren medidas preventivas o curativas más eficaces.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a todo el personal del Departamento Técnico de la Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA), por el apoyo brindado en la selección de los productores donde se llevó a cabo el estudio, en la preparación de la logística requerida y en las evaluaciones de los niveles de incidencia y severidad de la enfermedad en los lotes seleccionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Belanger, R., N. Dufuor, J. Caron, y N. Benhamou 1995. Chronological events associated with the antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: indirect evidence for sequential role of antibiotics and parasitism. *Biocontrol Science technology* 5:41-54.
- Cabrera S. y P. García. 2002. Efecto de la mancha bandeada (*Rhizoctonia solani* Kühn) en siembras comerciales de maíz. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología*. Vol. 20:28-43.
- Cardona R., H. Rodríguez, y H. Nass 1999. Manchas bandeadas en maíz causada por *Rhizoctonia solani* en el estado Portuguesa, Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 12: 32-33.
- De León, C. 1999. La mancha bandeada de la hoja del maíz (*Rhizoctonia solani* Kühn). **In:** Memorias VI Curso sobre Producción de Maíz. Conferencia Central ASOPORTUGUESA- FONAIAP. Acarigua – Portuguesa, Venezuela. 1999.
- Elad, Y. and R. Baker, 1985. The role of competition for iron and carbon in suppression chlamidospore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. *Phytopathol.* 75:1053.
- Elad, Y., J. Katan, and I. Chet 1980. Physical, biological, and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70: 418-422.
- Etebarian H. R., E. S. Scott, and T. J. Wicks. 2000. *Trichoderma harzianum* T39 and *T. virens* DAR 74290 as potential biological control agents for *Phytophthora erythroseptica*. *Europ. Jour. Plant Pathol.* 106:329-337.

- Ezziyyani M., C. Pérez, A. Sid Ahmed, M. Requena y M. Candela. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el control de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). Anales de Biol. 26:35-45.
- Hadar Y., I. Chet, and Y Henis 1979. Biological control of *Rhizoctonia solani* damping-off with wheat bran culture of *Trichoderma harzianum*. Phytopathol. 69: 64-68.
- Hoitink, H. A. J. and Boehm. M. J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. Ann Rev. Phytopathol. 37:427-446.
- Larkin, R. and D. Fravel 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. Plant Dis 82(9):1 022-1 028.
- Lo, C. T. 1998. General mechanisms of action of microbial biocontrol agents. Plant Pathol. Bull. 7:155-166.
- Lo, C. T., E. B. Nelson, and G. E. Harman. 1996. Biological control of turfgrass with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. Plant Dis. 80:736-741.
- Melo Itamar, S. de and J. L. Faull. 2000. Parasitism of *Rhizoctonia solani* by strains of *Trichoderma* spp. *Sci. Agric.* (en línea). 2000, vol. 57, no. 1 (consultado el 04/08/2007), pp. 55-59. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162000000100010&lng=en&nrm=iso.
- Moussa T. A. 2002. Studies on biological control of sugarbeet pathogen *Rhizoctonia solani* Kühn. Journal of Biological Science 2(12): 800-804.
- Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology. Ecology and the potential for biocontrol. Annual Rev. Phytopathol. 23: 23-54.
- Papavizas, G. C., J. A. Lewis, and T.H. Abd-Elmoity 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. Phytopathology 72:126-132.
- Ramírez, M y T. Quito. 1993. Métodos estadísticos no paramétricos. Univ. Autónoma de Chapingo. 1a. Ed. México. 223 p.
- Rey M., J. Delgado-Jarana, A. Rincón, M. Limón y T. Benitez. 2000. Mejora de cepas de *Trichoderma* para su empleo como biofungicidas. Rev. Iberoam. Micol. 17: 31-36.
- Sid Ahmed A., C. P. Sánchez, and M. E. Candela. 2000. Evaluation of Induction of Systemic Resistance in Pepper Plants (*Capsicum Annuum*) to *Phytophthora capsici* Using *Trichoderma harzianum* and its Relation with Capsidiol Accumulation. Europ. Jour. Plant Pathol 106(9):817-824.
- Sid Ahmed A., M. Ezziyyani, C. Pérez Sánchez, and M. E. Candela 2003. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annum*) plants. Europ. Jour. Plant Pathol. 109(6):633-637.
- Sinclair, J. B. 1970. *Rhizoctonia solani*: Especial methods of study. **In:** *R. solani* Biol. and Pathol. Parmeter, J. R. Ed. Univ. California Press. 243 p.
- Steel, R. y J. Torrie 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill/Interamericana de México, S. A. de C. V. 2da. Edición (Primera en español). p 622.
- Yedidia I., N. Benhamou, and I. Chet. 1999. Induction of Defense Responses in Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) by the Biocontrol Agent *Trichoderma harzianum*. Applied and Environmental Microbiology 65 (3): 1 061-1 070.
- Zambrano, C., N. Molina, S. Cabrera y R. Cardona. 1999. Avances en el manejo integrado de *Rhizoctonia solani* en el cultivo del maíz. Turén- Portuguesa.

EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES BACTERIANOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE UN CULTIVAR DE MAÍZ EN DOS SUELOS CONTRASTANTES VENEZOLANOS¹

BACTERIAL BIOFERTILIZERS EFFECT ON THE GROWTH OF A MAIZE CULTIVAR IN TWO VENEZUELAN CONTRASTING SOILS¹

Marisol López*, Rafael Martínez Viera**, Mariluz Brossard Fabrè**, Angela Bolívar**, Nidia Alfonso***, Amelia Alba**** y Heydi Pereira Abreo**

¹ El proceso de investigación fue financiado por INIA, proyecto ID-ARA-05-710; FONACIT, S1-2002000391 y el Convenio de Cooperación Cuba-Venezuela –MPPAT-INIA.

* Investigadora y ** Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4579, Maracay, estado Aragua. Venezuela. Email: mlopez@inia.gob.ve

RESUMEN

En experimentos de invernadero se evaluó el efecto de cepas nativas fijadoras de N₂ (FN) de forma asociativa y solubilizadora de fósforo (SF) sobre el crecimiento de maíz cv INIA-SQ-1. Se utilizaron dos suelos, un Haplusterts de alta fertilidad (suelo A) y un Typic Paleustults de baja fertilidad (suelo B). Se evaluaron 8 tratamientos: **T1:** 0N + 100% P + 100% K; **T2:** 100% N + 100% P + 100% K; **T3:** 70% N + 100% P + 100% K + inóculo de FN; **T4:** 70 % N + 50% P + 100% K + inóculo de FN + inóculo de SF; **T5:** 100% N + 0 P + 100% K; **T6:** 100% N + 50% P + 100% K + inóculo de SF; **T7:** 100% N total + 0P + 100% K + inóculo de SF; **T8:** 0N + 0P + 0K. El porcentaje de nutrimentos se refiere a las dosis de N, P₂O₅ y K₂O recomendadas para maíz en cada suelo. La dosis de biofertilizante (ml/pote) fue de 50 de FN y 50 de SF. Hubo efecto EPR (rizobacterias promotoras de la emergencia) con la cepa FN en el suelo A, lográndose 30% más de germinación y 24% más de plantas con primera hoja verdadera a los 6 días. En el suelo B el efecto fue más tardío. La evaluación de altura de la planta, diámetro del tallo, largo y ancho de la hoja y biomasa de raíces y partes aéreas puso de manifiesto la efectividad de la inoculación con bacterias FN en ambos suelos y la de SF en el de baja fertilidad (B). Se demostró el efecto Plant Growing Promoting Rhizobacterial (PGPR) de las bacterias en el suelo B. El análisis del contenido de N y P en las plantas ratificó los resultados.

Palabras Clave: Biofertilizantes, *Zea mays*; suelo; fertilidad; *Azotobacter*; *B. megatherium*.

SUMMARY

The effect of native strains of associative nitrogen-fixing (NF) and phosphorus-solubilizing (PS) bacterias on the growth of maize cultivar INIA-SQ-1, was evaluated in greenhouse experiments, in an Haplusterts soil of high fertility (Soil A) and a Typic Paleustults soil of low fertility (Soil B). We evaluated eight treatments: **T1:** 0N + 100%P + 100% K; **T2:** 100% N + 100% P + 100%K; **T3:** 70% N + 100% P + 100% K + strain of NF; **T4:** 70% N + 50%P + 100%K + strain of NF + strain of PS; **T5:** 100% N + 0 P + 100% K ; **T6:** 100% N + 50% P + 100% K + strain of PS; **T7:** 100% N total + 0P + 100% K + strain of PS; **T8:** 0N + 0P + 0K, where the percentages in each treatment represent the proportion of the nutrient recommended in each soil in accordance with its fertility. The biofertilizers doses were 50 ml/pot of NF and PS respectively. In the soil A the NF strain acted as an emergence promoting rizobacterial: in this soil there was 30 and 24% more germination and plants with the first true leaf at the 6 days than in the soil B. The plant high, stem diameter, leaf long and wide, root and aerial biomass showed the effectiveness of NF in both soils, and the effectiveness of PS in the soil B. The effect of NF and PS on Plant Growing Promoting Rhizobacterial (PGPR) was demonstrated in the soil B. The content of N and P in plant tissue confirmed the results.

Key Words: Biofertilizers; *Zea mays*; soil; fertility; *Azotobacter*; *B. megatherium*.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela se adelantan acciones institucionales e interdisciplinarias dirigidas a redimensionar y reorientar las prácticas de manejo convencionales basada en altos insumos, que incluye altas aplicaciones de fertilizantes inorgánicos en los principales agrosistemas del país. Este manejo ha ocasionado degradación en todos los componentes del sistema (Torres *et al.*, 2005; 2006; López *et al.*, 2006; 2007).

Los daños ambientales y la disminución en la calidad de vida de los productores y consumidores hacen necesaria la búsqueda de otras opciones de manejo que contribuya a una agricultura más sana. En este contexto, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en el artículo 305 hace énfasis en la necesidad de promover la agricultura sustentable como base estratégica del desarrollo rural integral. En este sentido, se articulan acciones de cooperación nacional e internacional para desarrollar el uso de los biofertilizantes entre las tecnologías más promisorias para incrementar la productividad del suelo con bajo impacto ambiental.

Los biofertilizantes y bioestimuladores representan un componente vital de los sistemas agrícolas sustentables, constituyendo un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable, permitiendo reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, mediante la utilización de microorganismos del suelo debidamente seleccionados, capaces de aportar a los cultivos nitrógeno fijado de la atmósfera, fósforo transformado a partir del que está fijado en el suelo y sustancias fisiológicamente activas que, al interactuar con la planta, ocasionan una mayor activación del metabolismo (Burdman *et al.*, 2000; Bauer, 2001).

El desarrollo de biotecnologías alternativas como los biofertilizantes, requieren de estrategias y procesos de investigación e innovación a corto y mediano plazo, los cuales incluyen aislamientos de cepas, evaluación, selección, multiplicación y producción.

Con el objetivo de conocer la efectividad de cepas aisladas de agroecosistemas venezolanos, se iniciaron experimentos con distintos cultivos de interés económico en suelos contrastantes. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en dos experimentos conducidos en invernadero, con el fin de conocer el efecto de las cepas autóctonas: *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum* y *Azotobacter* sp., seleccionadas como bacterias solubilizadoras de fósforo del suelo (SF) y fijadoras de nitrógeno

atmosférico de forma asociativa (FN), respectivamente, sobre el crecimiento de un cultivar de maíz, *Zea mays*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de experimentos

La fase experimental se desarrolló en un invernadero enfriado con cortinas de agua, ubicado en el INIA-CENIAP, Maracay, estado Aragua.

Suelos utilizados en la evaluación

Se utilizaron dos 02 tipos de suelos provenientes de agroecosistemas venezolanos. Uno de alta fertilidad natural, Haplusterts, del estado Barinas, el cual se denominó **Suelo A**. Otro suelo de baja fertilidad natural, clasificado como: Typic Paleustults, francosa gruesa, caolínica, isohipertérmica (Rey, 2003), proveniente del estado Guárico –Venezuela, el cual se denominó **Suelo B**. Las características de estos suelos se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Características físico-químicas de los suelos utilizados en los experimentos.

Característica	Suelo A (alta fertilidad)	Suelo B (baja fertilidad)
Arena (%)	30	60
Limo (%)	56	28
Arcilla (%)	14	12
Textura	FAL	Fa
Da (Mg m ⁻³) *	1,66	1,70
pH: Relación suelo agua:		
1: 2,5	6,66	4,6
P disponible (mg kg ⁻¹)	23	2,5
K (mg kg ⁻¹)	254	20
Ca (mg kg ⁻¹)	1176	46
Mg (mg kg ⁻¹)	344	17
M.O. (%)	3,16	0,54

Análisis realizados en la unidad de laboratorios de suelo del INIA-CENIAP. * = Da **suelo A**: Base de datos Recursos Agroecológicos. Evaluación de Tierras. CENIAP-INIA. **Suelo B**: (López *et al.*, 2006).

Muestreo de suelo

Las muestras de suelo fueron extraídas a las profundidades de 0-15 cm y 0-20 cm en un lote de producción mantenido en barbecho, específicamente en la rizosfera de la leguminosa nativa añil (*Indigosfera lespediciodes*) en período de floración, en un suelo ácido de sabana bien drenada. Las submuestras fueron mezcladas y homogeneizadas. Se utilizaron muestras compuestas a cada profundidad para hacer análisis y aislamientos de microorganismos. Las muestras de 0-15 cm fueron procesadas para realizar los aislamientos de cepas SF y FN y las muestras de 0-20 cm fueron utilizadas para determinaciones con fines de diagnóstico de fertilidad inicial a fin de hacer los cálculos de dosis de fertilización inorgánica a ser aplicada.

Aislamiento de cepas

Las cepas utilizadas fueron aisladas de un agroecosistema sorgo-frijol del estado Guárico, siguiendo los procedimientos y métodos propuestos por Martínez *et al.* (2006).

Aproximadamente 50 g del suelo muestreado en la rizosfera fue llevado al laboratorio para realizar los aislamientos correspondientes.

Aislamiento de cepas fijadoras de nitrógeno (FN) de vida libre

Se pesó 1 g de suelo colectado de la rizosfera del agrosistema seleccionado, luego se realizaron diluciones hasta 10^{-6} , de esta última dilución se extendió 0,1 ml en cajas de Petri con medio de cultivo Ashby, a los 5 d se contaron las colonias y se realizó aislamiento de las colonias seleccionadas en tubos de ensayo con el mismo medio de cultivo.

Aislamiento de cepas solubilizadora de fósforo (SF)

Se pesó 1 g de suelo rizosférico, se suspendió en agua estéril y se realizaron diluciones hasta 10^{-9} , luego se extendió 0,1 ml en cajas Petri conteniendo medio de cultivo Pikovskaya y se incubó durante 5 d, posteriormente se aislaron las colonias que formaron halo transparente -como indicador de capacidad de solubilizar fósforo- Estas cepas fueron utilizadas para preparar el biofertilizante o preinoculo utilizado en el experimento.

Preparación del biofertilizante o preinoculo

El preinoculo se preparó a partir de las cepas FN y SF, previamente aisladas en los medios Ashby y Pikovskaya,

respectivamente, sembradas en medios de cultivo 48 h antes de ser utilizadas. Se trabajó con una relación Vf/Vm de 10:1. Donde Vf = volumen del frasco y Vm =volumen del medio, siguiendo las recomendaciones sugeridas por INIA (2005).

Adecuación del suelo para experimentos

Los suelos A y B fueron secados, mezclados, homogeneizados y tamizados por una malla de 4 mm. Aproximadamente 1 kg se llevó al laboratorio para realizar análisis con fines de fertilización. Posteriormente, se pesaron porciones de 3 kg de suelo. Antes de colocar el suelo en cada unidad experimental, los pots fueron cubiertos con bolsas de polietileno resistentes, bien ajustada al envase (potes), con el fin de evitar pérdidas de suelo rizosférico por drenaje y que las raíces salieran del pote y se rompieran. Luego se aplicaron los tratamientos correspondientes y se sembró el cultivar seleccionado como indicador.

Cultivo indicador: Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento del cultivo se utilizó la especie *Zea mays*, cultivar: cv INIA-SQ-1, proveniente del banco de germoplasma del INIA-CENIAP.

Siembra: En cada pote o pote se sembraron 4 semillas de maíz, al germinar, se eliminaron dos plántulas, dejándose dos por pote hasta la cosecha.

Riego: El riego se aplicó diariamente, variando la cantidad en cada suelo, de acuerdo a la capacidad de retención de humedad y dependiendo la edad del cultivo, las aplicaciones de agua variaron entre 25 ml al inicio del experimento, hasta 250 ml durante la última semana del experimento. La aplicación de riego se realizó dos veces al día, principalmente en el suelo B; en el suelo A (mayor retención de humedad), algunas veces se aplicó una sola vez al día.

Manejo de la fertilización

Se utilizaron dosis de nitrógeno, fósforo y potasio inorgánico de acuerdo a los resultados de análisis de los suelos A y B realizado con fines de fertilización. Se calcularon las dosis considerando los requerimientos del cultivo, según lo establecido en los instructivos o tablas de doble entrada propuestas por INIA (2005) para maíz de secano zona central y para zonas maiceras del estado Guárico (Quintero, 1991) adaptado por Alfonso, (2003) citadas en manual de fertilización INIA (2005).

Fuentes de abonos inorgánicos aplicados

Nitrógeno: urea (46 % de N); fósforo: RFR= roca fosfórica de Riecito micronizada (14% P-total; 39% de CaO; eficiencia agronómica entre 80-90%; P-soluble 9,98% P₂O₅ en citrato de amonio neutro); **potasio:** cloruro de potasio (60% K₂O).

Fertilizantes biológicos

Se utilizó inóculos de la bacteria FN *Azotobacter* sp., aislada de un suelo ácido de sabana del estado Guárico y seleccionada por mostrar mayor eficiencia FN en las pruebas de efectividad realizadas previamente por equipo de investigación del sub proyecto: ID-ARA-05-710. INIA-CENIAP.

Igualmente, se inoculó con bacterias solubilizadoras de fósforo (SF), utilizando la cepa de *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum*, también aislada de un suelo ácido del estado Guárico. Ambos inóculos fueron preparados en medio Dimargon (Dibut *et al.*, 2003).

Identificación taxonómica de cepas

Las cepas fueron identificadas por equipo de investigación de fitopatología INIA-CENIAP¹

Dosis de biofertilizante aplicada

Los inóculos se aplicaron a razón de 50 ml/pote, después de la siembra, en los tratamientos T3, T4, T6 y T7, correspondientes.

Dosis de N, P₂O₅ y K₂O aplicados en mg pote⁻¹ en cada suelo

Suelo A:

Nitrógeno: 0 mg en T1 y T8; 109 mg (100 % de la dosis recomendada) en los tratamientos T2, T5, T6 y T7 y 77 mg (70% de N recomendada) en los tratamientos T3 y T4.

Fósforo: 0 mg en T5, T7 y T8; 66 mg (100 % dosis recomendada) en T1, T2 y T3 y 33 mg (50 % dosis recomendada) en los tratamientos T4 y T6.

Potasio: se aplicó 45 mg (100% de dosis recomendada) en todos los tratamientos: T1-T8.

Suelo B:

Nitrógeno: 0 mg en T1 y T8; 117 mg (100% de la dosis recomendada) en los tratamientos T2, T5, T6 y T7 y 82 mg (70% N) en los tratamientos T3 y T4.

Fósforo: 0 mg en T5, T7 y T8; 78 mg (100% de P recomendada) en los tratamientos T1, T2 y T3; y 39 mg (50% de P recomendada) en T4 y T6.

Potasio: Se aplicó 44 mg (100% dosis recomendada) en todos los tratamientos.

Nota: Dosis recomendada se refiere a la dosis sugerida en los laboratorios de servicio de suelos de acuerdo a los resultados de análisis de suelo y los criterios utilizados (tabla de doble entrada) para maíz INIA (2005).

Forma de aplicación de fertilizantes

Los fertilizantes inorgánicos y biológicos fueron aplicados como solución nutritiva alrededor de las semillas, distribuyendo en forma homogénea en cada pote o pote la dosis establecida.

Tratamientos evaluados

T1: 0N + 100%P +100% K; **T2:** 100% N +100% P+100%K; **T3:** 70%N+100% P+100% K + inóculo de FN; **T4:** 70 %N +50%P +100%K + inóculo de FN + inóculo de SF. **T5:** 100%N + 0 P +100% K ; **T6:** 100%N + 50% P+100% K+ inóculo de SF; **T7:** 100%N total+ 0P+100% K + inóculo de SF; **T8:** 0N + 0P + 0K. La dosis de inóculo fue de 50 ml/pote tanto para fijadora de nitrógeno (FN) como para solubilizadora de fósforo (SF). Esta dosis corresponde a 2 litros⁻¹, de acuerdo a la calidad del producto (Martínez-Viera *et al.*, 2006).

Pruebas de germinación

Se realizó un recuento de las semillas germinadas en los tratamientos: testigo (sin inóculo), con cepa fijadora de nitrógeno y con cepa SF entre los 4 y los 10 días después de la siembra (DDS), así como del número de plantas en las que apareció la primera hoja verdadera (hoja bandera) antes de los 7 d y hasta los 10 d (INIA, 2006).

Cosecha: A los 45 DDS se cosecharon los experimentos, separando las plantas completas del suelo; a cada planta se le realizaron las siguientes evaluaciones: número total

¹ Investigadora. Ana Masselli. Comunicación personal. Laboratorio de Fitopatología del INIA-CENIAP

de hojas, largo y ancho promedio de las hojas, longitud y diámetro del tallo y peso seco de la parte aérea y de las raíces.

Análisis foliar

Al momento de la cosecha se colectaron submuestras de tejido foliar por tratamiento. Las muestras de tejido foliar por tratamiento fueron secadas en estufa hasta obtener peso constante y luego molidas y digeridas con $H_2SO_4 - H_2O_2$ al 30%; el N-total fue determinado utilizando el método de salicilato de sodio y el fósforo fue determinado utilizando el método e Nitrovanadato-Molibdato (Complejo amarillo); ambos elementos fueron cuantificados leyendo directamente en un espectrofotómetro de UV visible. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de suelo planta del INIA-Guárico.

Metodologías utilizadas en las determinaciones con fines de fertilización del suelo

Los análisis se realizaron según los siguientes métodos (Gilabert *et al.*, 1990): Textura: distribución y tamaño de la partícula (Bouyoucos); pH (Relación suelo agua: 1: 2,5); Fósforo (Olsen); Potasio (Olsen); Calcio (Morgan); Materia orgánica (Combustión humedad, Walkey and Black modificado); y CE (ms/cm 25 °C conductímetro).

Diseño experimental y análisis estadístico: Se utilizó un diseño de bloques al azar. En total se evaluaron 8 tratamientos, los cuales se repitieron 6 veces, originándose 48 unidades experimentales. Los resultados de análisis de suelos y plantas se homogenizaron y analizaron estadísticamente, utilizando la Prueba de Medias Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de los dos biofertilizantes evaluados (FN y SF) sobre la germinación de las semillas y sobre el tiempo de aparición de la primera hoja verdadera, utilizando este dato como posible indicador de precocidad. Los tratamientos que contenían inoculos fueron comparados con el testigo (sin inóculo).

Puede observarse el efecto estimulador de ambos biofertilizantes sobre la germinación y la precocidad del desarrollo del maíz, tanto en el suelo A, de alta fertilidad como en el suelo B de baja fertilidad, aunque la acción es diferente en cada suelo.

A partir de cepas FN de forma asociativa, se observa un alto porcentaje de germinación a los 4 d DDS en el suelo A, encontrándose 75% de las semillas germinadas en comparación con 52% obtenido en el tratamiento sin inocular, siendo estadísticamente significativo el efecto de la cepa FN con relación al testigo y a la cepa SF; 2 días después germinó el 96% de las semillas, lo cual superó significativamente los tratamientos de referencia, mientras que en el tratamiento sin inocular, entre los 5 y 8 d sólo se había alcanzado el 66% de germinación.

En el suelo B, no se encontró efecto de las cepas (SF y FN) durante los primeros 4 d. El efecto estimulador de crecimiento se observó en los siguientes 4 d de evaluación con la cepa FN. La estimulación del crecimiento no se manifestó de inmediato en el suelo B de baja fertilidad, quizás porque sus características de muy baja fertilidad, reducen la velocidad de multiplicación de la población bacteriana que se aplicó, lo cual hace que su acción beneficiosa no pueda ejercerse todavía en esta etapa.

CUADRO 2. Porcentaje de semillas germinadas y tiempo de aparición de la primera hoja verdadera en plantas inoculadas y sin inocular en dos suelos contrastantes de Venezuela.

Tratamiento	Germinación de las semillas (%)				Aparición de la primera hoja (%)			
	4 días		5-8 días		6 días		7-10 días	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Sin inóculo	52 b	43 a	66 b	92 b	63 b	50 a	100 a	90 b
Fijador de N	75 a	41 a	96 a	98 a	87 a	52 a	100 a	98 a
Solubilizador de P	49 b	40 a	64 b	94 b	57 b	46 ab	100 a	98 a

A= Suelo de alta fertilidad; B= suelo de baja fertilidad. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos en cada suelo. Prueba de Medias Duncan, $P \leq 0,005$.

La cepa SF no estimuló la germinación en ninguno de los dos suelos durante los primeros 4. Resultados similares se obtuvo al determinar la precocidad en el suelo con buena fertilidad. El tratamiento con la cepa FN muestra 87% de las plantas con la primera hoja verdadera a los 6 d, frente a 63% del testigo (sin inocular). En el suelo de baja fertilidad no se observa el efecto estimulador sino hasta los 10 d, indicando la necesidad de un tiempo mayor para el desarrollo de las bacterias en este suelo ácido de sabana.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de las mediciones de todas las plantas en los dos suelos (A y B) al momento de la cosecha, a los 45 d. La altura de planta estuvo entre 68 y 108 cm en el suelo A y entre 34 y 49 cm en el suelo de menor fertilidad.

En el suelo A, la altura de planta fue estadísticamente superior en los tratamientos 2 y 3, seguido del tratamiento 5, obteniéndose el menor valor con los tratamientos 4, 6 y 8.

En el suelo B, también se logró la mayor altura de la planta con el tratamiento 3, seguido por los tratamientos 2 y 7. Mientras que los valores de diámetro de tallo oscilaron entre 1,95 y 2,08 cm en el suelo A y entre 0,66

y 0,94 cm en el suelo B, no encontrándose diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el suelo A y correspondiendo los mayores valores a los tratamientos 3 y 6 en el suelo B.

Con respecto a la variable largo de hoja, los valores promedios oscilaron entre 63 y 83,9 cm en el suelo A y entre 31 y 50,5 en el suelo B. El largo de la hoja fue mayor, estadísticamente, en el tratamiento 3, seguido del tratamiento 2 en el suelo A.

Mientras que el suelo B se alcanzaron los mayores valores en los tratamientos 2, 3, 4, 6 y 7 sin diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos y el menor valor fue con el tratamiento 8. Con relación al ancho de hoja, los valores variaron entre 5,2 y 6,2 cm en el suelo A y entre 2,35 y 3,43 cm en el suelo B.

En el suelo A los valores estadísticamente mayores fueron logrados con los tratamientos 2, 3, 5, 7 y 8; mientras que en el suelo B se alcanzó mayores valores en esta variable con los tratamientos 2, 3 y 6. Estos resultados reflejan distintas respuestas de las cepas para el mismo cultivo dependiendo del nivel de fertilidad inicial del suelo y de la variable a evaluar.

CUADRO 3. Efecto de la aplicación de los inoculantes sobre altura de planta, diámetro del tallo, largo y ancho de hoja del maíz a los 45 días después de la siembra en dos suelos contrastantes.

Tratamiento	Altura de planta (cm)		Diámetro del tallo (cm)		Largo de la hoja (cm)		Ancho de la hoja (cm)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	98,7 b	34,0 c	2,06 a	0,66 d	74,3 b	38,5 b	5,7 ab	2,65 bc
2	108,1 a	46,5 ab	2,03 a	0,90 ab	77,1 ab	47,8 a	6,2 a	3,43 a
3	107,2 a	49,2 a	2,05 a	0,94 a	83,9 a	50,5 a	6,1 a	3,20 a
4	95,1 bc	43,6 b	2,04 a	0,90 ab	72,5 bc	48,1 a	5,8 ab	3,10 ab
5	01,9 ab	36,8 b	2,08 a	0,72 c	75,9 b	37,1 b	6,0 a	2,65 bc
6	68,6 c	43,7 b	1,95 a	0,93 a	63,4 d	47,4 a	5,2 b	3,40 a
7	97,5 b	46,2 ab	2,04 a	0,87 b	69,2 c	48,4 a	6,0 a	2,85 b
8	89,2 c	27,6 d	2,03 a	0,57 d	74,1 b	31,1 a	6,1a	2,35 c
ES	6,35	2,79	0,08	0,04	7,65	6,78	0,50	0,26

A = Suelo con alta fertilidad; B= Suelo con baja fertilidad. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos en cada suelo. Prueba de Medias Duncan, P = 0,005. ES= error estadístico.

Como puede notarse, se pone de manifiesto la efectividad de la inoculación con las bacterias FN de forma asociativa (tratamiento 3), ya que reduciendo la dosis de N en alrededor de 30% de la dosis normalmente recomendada, se alcanzaron en las variables evaluadas valores significativamente semejantes a los obtenidos con el tratamiento 2, que tiene 100% de la dosis de N en ambos suelos. Estos resultados se ratifican al hacer el análisis del contenido de Nitrógeno de las plantas al terminar el experimento, como se observa en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Contenido de nitrógeno y fósforo en las plantas en los suelos A y B de alta y baja fertilidad, respectivamente.

Tratamiento	N total (%)		P total (%)	
	Suelo A	Suelo B	Suelo A	Suelo B
1	0,68 ab	0,63 ab	0,23 a	0,09 b
2	1,08 a	0,69 ab	0,22 a	0,10 a
3	0,94 a	1,02 a	0,23 a	0,29 a
4	0,93 a	1,11 a	0,23 a	0,11 a
5	0,95 a	0,83 a	0,25 a	0,21 a
6	0,93 a	0,83 a	0,24 a	0,10 a
7	0,97 a	1,04 a	0,23 a	0,10 a
8	0,69 ab	0,84 a	0,23 a	0,29 a

A= Suelo de alta fertilidad; B= suelo de baja fertilidad. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa y letras diferentes que hay diferencias significativas entre tratamientos en cada suelo. Prueba de Medias Duncan, $P < 0,005$.

Puede verse que en los tratamientos 3 y 4, con 70% de N aplicado en forma de urea, el contenido de nitrógeno en las plantas es igual al de los tratamientos 2, 5, 6 y 7, que recibieron 100% de nitrógeno, lo cual puede atribuirse a la actividad fijadora por parte de las bacterias inoculadas.

La Figura 1 permite observar como se manifiesta el efecto de la inoculación de estas bacterias sobre el desarrollo de las plantas.

Puede verse en las Figuras 1-1 y 1-2 que no hay ninguna diferencia en el desarrollo de las plantas en ambos tratamientos, lo que indica que la cepa inoculada fue capaz de suministrar a las plantas el nitrógeno necesario en el caso del suelo con buena fertilidad. En lo que respecta al suelo con baja fertilidad (Figuras 1-3 y 1-4) se observa un mayor desarrollo en las plantas que recibieron 70% de nitrógeno inorgánico recomendado –de acuerdo a los instructivos de fertilización utilizados- y fueron inoculadas.

En este caso la bacteria, además de suministrar el nitrógeno necesario, estimuló el crecimiento por la acción de las sustancias activas que es capaz de sintetizar, lo cual constituye una característica de las bacterias del género *Azotobacter* (Dibut, 2001).

Cuando se aplican las bacterias SF (tratamientos 4, 6 y 7) no se observa efecto en el suelo de alta fertilidad, el cual posee alta disponibilidad de fósforo (23 mg kg^{-1}), pero se nota un beneficio marcado en el suelo B de baja fertilidad, que tiene un contenido de fósforo muy bajo ($2,5 \text{ mg kg}^{-1}$). Así, en el tratamiento 7, que no recibió fertilización inorgánica de fósforo (P-RFR), no obstante, fue inoculada, los resultados son significativamente similares a los del tratamiento 2, que recibió 100% de la dosis de fósforo recomendada, lo cual puede ser atribuido a la acción de las bacterias, que pusieron a disposición de las plantas el elemento necesario a través de su actividad SF fijado en el suelo. Lo mismo ocurrió con el tratamiento 6, al que se aplicó sólo 50% del fósforo en forma de RF, y en el tratamiento 4, que recibió la inoculación conjunta de bacterias FNy SF.

En el Cuadro 5 se presenta la producción de biomasa de las plantas, reflejándose el efecto de los bioproductos para contribuir a un mayor incremento de materia seca, siendo superior en el suelo A de alta fertilidad, lo cual indica el efecto diferencial de las cepas dependiendo el tipo de suelo, comprobándose lo señalado en los párrafos anteriores.

La evaluación del efecto integral que tiene cada tratamiento sobre el desarrollo de las plantas de maíz permite interpretar los resultados en tres grupos de acuerdo a los tratamientos. En un primer grupo, pueden colocarse los tratamientos que permitieron un mayor desarrollo integral de las plantas en ambos suelos, y comprenden los tratamientos 2 y 3, a los cuales se aplicó 100% de fósforo; sin embargo, el tratamiento 2 recibió 100% de nitrógeno y el tratamiento 3 sólo 70%.

A pesar de haberse reducido la dosis de N en 30% con respecto a la recomendada, no hubo diferencias en el desarrollo, lo que demuestra que la cepa FN aplicada tiene un elevado efecto estimulador del crecimiento en las plantas.

La multiplicación de las bacterias FN en el suelo depende en gran medida de la disponibilidad de fósforo y potasio. La deficiencia de estos elementos reduce los niveles de biomasa bacteriana y, en consecuencia, disminuye la fijación de nitrógeno, lo cual comienza cuando la concentración de fósforo en el medio es de 0,004% y se inhibe cuando alcanza 0,8% (Mishustin y Silnikova, 1971).



FIGURA. Efecto de la inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno de forma asociativa sobre el desarrollo de las plantas de maíz en los dos suelos contrastantes. 1-1. Reducción del 30% de nitrógeno e inoculación con bacterias fijadoras en suelo de alta fertilidad. 1-2. 100% de nitrógeno en el suelo de alta fertilidad. 1-3. Reducción del 30% de nitrógeno e inoculación con bacterias fijadoras en suelo con baja fertilidad. 1-4. 100% de nitrógeno en el suelo de baja fertilidad.

En el suelo A de alta fertilidad, el contenido de fósforo es de 0,0023%, más bajo que el necesario para lograr fijación biológica de nitrógeno; pero la adición de la RF, tomando en cuenta la fracción que se hace asimilable, permite alcanzar niveles superiores a 0,004% y, en consecuencia, se desarrolla el proceso fijador, que le suministra a la planta el nitrógeno necesario para su buen crecimiento, además de las sustancias activas capaces de estimular el crecimiento.

Según Hammond y León (1983) la RFR de Riecito (RFR) es de alta reactividad, ya que el % de solubilidad de P_2O_5 en citrato de amonio neutro es mayor a 5,9; estos investigadores indican que una eficiencia agronómica (EA) mayor a 90% es un indicador de alta solubilidad de las RF, lo cual aumenta el potencial de estos fertilizantes para ser utilizados como fuentes de P y Ca en cultivos de ciclo corto como el los evaluado.

Por otra parte, Ramírez y López (2000) y López *et al.* (2006) han encontrado alta respuesta en cultivos de ciclo corto (sorgo, quinchoncho y frijol) utilizando la RFR de Riecito en suelos ácidos de baja fertilidad.

En el caso del suelo con baja fertilidad (Suelo B), el contenido de fósforo asimilable en el suelo es sólo

0,00025% y la adición de la RF no eleva su contenido a más de 0,0012%, cantidad, que aun parece ser insuficiente para que haya fijación biológica de nitrógeno (FBN). Es decir, que los buenos resultados que se obtuvieron con el tratamiento 3 en este suelo no se debieron al aumento del suministro de nitrógeno, sino a la síntesis de sustancias activas que estimulan el desarrollo de las plantas, como se pone de manifiesto en el Cuadro 5, en la que se muestra el mayor peso de las raíces se obtuvo con el tratamiento 3, donde fue más del doble que el obtenido con el tratamiento 2, que había recibido todos los nutrimentos. Igualmente, en el Cuadro 3 los valores absolutos más altos en este suelo en altura de la planta, diámetro del tallo y largo de la hoja correspondieron al tratamiento 3.

Es conocido que las bacterias fijadoras de forma asociativa se consideran PGPR (rizobacterias promotoras del crecimiento) porque sintetizan altas cantidades de sustancias activas reguladoras del crecimiento (Martínez-Viera *et al.*, 2007). Según Glick (1995), este efecto actúa directamente sobre el desarrollo de las plantas y el conjunto de sustancias que son asimiladas a través de las raíces permite que cada una de ellas actúe en el momento en que la planta lo requiera.

CUADRO 5. Efecto de la aplicación de los inoculantes sobre la producción de biomasa en maíz cultivado en dos tipos de suelos, de alta y baja fertilidad.

Tratamiento	Peso seco de la parte aérea (g planta ⁻¹)		Peso seco de las raíces (g planta ⁻¹)	
	A	B	A	B
1	27,8	10,4	15,6	1,90
2	28,7	12,8	14,7	2,52
3	26,8	12,4	15,3	5,49
4	26,8	12,7	14,8	4,52
5	27,8	10,8	15,1	2,79
6	22,1	12,2	11,6	4,80
7	26,8	12,5	14,3	4,44
8	25,0	9,7	14,1	1,23

El género de bacterias fijadoras más importante como PGPR es *Azotobacter*, especialmente *A. chroococcum*, (Martínez- Viera, 1986). En cepas tropicales de esta bacteria se ha demostrado su capacidad para sintetizar cantidades elevadas de sustancias activas (Dibut, 2001).

También estas bacterias fijadoras se consideran EPR (rizobacterias promotoras de la emergencia), ya que son capaces, gracias a las sustancias activas, de estimular la emergencia de las plántulas (Requena *et al.*, 1997), como se pone de manifiesto en el Cuadro 2 en ambos tipos de suelos, aunque con una efectividad superior en el caso del suelo con alta fertilidad. Este efecto se atribuye, entre otros factores, al mayor y más rápido desarrollo de las raíces como se mostró anteriormente en el Cuadro 5.

Un segundo grupo de tratamientos está formado por el 4,6 y 7, que tienen cantidades reducidas de fertilizante fosfórico (50 % en T4 y T6) o no se aplicó (tratamiento 7) y que fueron inoculadas con bacterias solubilizadoras. En el suelo de buena fertilidad, que tiene una cantidad satisfactoria de fósforo disponible, el efecto de la inoculación no se pone de manifiesto. Sin embargo, en el suelo con baja fertilidad, las plantas alcanzan un crecimiento aceptable, a pesar del bajo contenido del elemento en el suelo. Estos resultados reflejan la importancia de los microorganismos con potencias para solubilizar fósforo y estimular el crecimiento vegetal, pudiendo ser utilizados como biofertilizantes, después de ser evaluados en condiciones de campo y realizar las pruebas de compatibilidad: cepa-suelo-cultivo, contribuyendo a una producción con

principios agroecológicos. Los resultados mostrados en el Cuadro 5 ratifican lo expresado anteriormente.

La disponibilidad de P permitió cubrir los requerimientos de este elemento, lo cual se traduce en una reducción de las aplicaciones inorgánicas de P, principalmente la de origen industrial, lo cual incide igualmente sobre la reducción en los costos de producción y en los riesgos de contaminación ambiental, más aún, si se considera la aseveración realizada por Casanova (1993), quien señala que en Venezuela, más del 82% de los suelos presentan baja disponibilidad de fósforo, por lo que deben aplicarse cantidades muy altas de fertilizantes, ya que para elevar 1 mg kg⁻¹ el contenido de fósforo en la solución del suelo se requiere la aplicación de este elemento entre 60 a 200 mg kg⁻¹.

El hecho de que en el tratamiento 7 -que no recibió fertilizante fosfórico-, las plantas de maíz hayan alcanzado un desarrollo estadísticamente semejante al del tratamiento 2 -que recibió 100% de la dosis recomendada- indica el papel efectivo que cumplieron las bacterias solubilizadoras en el suelo con baja fertilidad.

Por último, los tratamientos 1 y 8, que no recibieron nitrógeno ni fueron inoculadas, mostraron los menores desarrollos de las plantas.

Como se deduce de la discusión, se ha puesto de manifiesto en los resultados obtenidos la capacidad que tienen las cepas de microorganismos seleccionadas como FN de forma asociativa o SF del suelo para movilizar nutrimentos con un mínimo consumo de recursos, además de la rapidez con que pueden realizarse estos procesos.

CONCLUSIONES

- Las cepas nativas utilizadas presentan potencial para estimular el crecimiento vegetal, FN y SF, por tanto pueden ser seleccionadas para ser utilizadas como biofertilizantes después de haberse evaluado su efectividad en experimentos de campo.
- El efecto de las cepas evaluadas sobre el crecimiento del maíz fue diferente de acuerdo a la disponibilidad de nutrimentos del suelo, siendo más efectivas en el suelo de mayor fertilidad.
- Las cepas SF presentaron mayor potencial en el suelo de menor disponibilidad de este elemento, siendo una alternativa técnica, ecológica y económica viable para contribuir a hacer disponible para las plantas el P-retenido a las plantas.

- La cepa FN de forma asociativa logró un mejor comportamiento y efecto en el suelo de mayor disponibilidad de P, lo cual demuestra la necesidad de definir contenidos mínimos de P en el suelo para contribuir a la FBN en suelos de muy baja fertilidad.

Nota: Las cepas evaluadas fueron aisladas de uno de los tratamientos evaluados en un experimento de campo manejado con principios agroecológicos donde se desarrolló la tesis de doctorado de Marisol López.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauer, T. 2001. Microorganismos fijadores de nitrógeno. (<http://www.microbiologia.com/nf/suelo/rhizobium.html>).
- Burdman, S., E. Jarkevicht e Y. Okón. 2000. Recent advances in the use of PGPR in Agriculture. En *Microbial Interactions in Agriculture and Forestry*. Science Publishers Inc., Plymouth, UK. 29-250 p.
- Casanova, E. 1993. Las rocas fosfóricas y su uso agroindustrial en Venezuela. Apuntes técnicos de Palmaven, Maracay, Venezuela. 124 p
- Dibut, B. 2001. Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento para el beneficio de la cebolla. Tesis de Doctorado, La Habana. 104 p
- Dibut, B., R. Martínez Viera., Y. Ríos y M. Ortega. 2003. DIMARGON-M, nueva variante nutritiva para la producción de biofertilizantes y bioestimuladores a base de azotobacter. **In:** resúmenes del V encuentro de Agricultura Orgánica. La Habana. 36 p.
- Gilabert de Brito, J, López de Rojas I. y R. Roberti. 1990. Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. **In:** Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP-CENIAP. Maracay. Cap.4.1-5.1 (Serie. D.Nº 26).
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian J. Microbiol.* 41:109-117.
- Hammond, L. L. and L. A. Leon. 1983. Agronomic effectiveness of natural and altered phosphate rocks from Latin America. **In:** IMPHOS, ed. 3rd international congress on phosphorus compounds. Brussels. 503-518 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2005. Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. López de R., I, N. Alfonzo, N. Gómez, M. Navas y P. Yáñez. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Gerencia de Investigación, Programa de Tecnología Agropecuaria. Maracay, Venezuela. 263 p.
- López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrízicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. *Agronomía Trop.* 57(1):31-43.
- López, M. 2007. ¿Es posible incrementar la capacidad productiva de suelos ácidos tropicales utilizando abonos orgánicos?. *Revista digital CENIAP HOY* Nº 14 mayo - agosto 2007. Maracay, Aragua Venezuela. ISSN: 1690-4117 Depósito legal: 200302AR1449. Sitio: www.ceniap.gob.ve.
- López, M., N. Alfonzo, A. Florentino y M. Pérez. 2006. Dinámica del Fósforo y Reducción del Aluminio Intercambiable en un Suelo Ultisol Sometido a Manejo Conservacionista en Venezuela; *Interciencia*, 31:293-299.
- Martínez-Viera, R. 1986. Ciclo biológico del nitrógeno en el suelo. Ed. Científico Técnica, La Habana, 135 p.
- Martínez-Viera, R., B. Dibut, G. Tejada y R. García. 2001. Trascendencia internacional de los biofertilizantes cubanos. **In:** Memorias del XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Varadero. Formato electrónico CD.
- Martínez-Viera, R., M. López, M. Brossard F., G. Tejada., H. Pereira, C. Parra, S. 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).
- Martínez-Viera, R., M. López, B. Dibut A., C. Parra Z. y J. Rodríguez S. 2007. La fijación biológica de nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Publicación especial del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra. 172 p.
- Mishustin, E. N. y E. K. Silnikova. 1971. Biological fixation of atmospheric nitrogen. Mc. Millan Ed. Londres 675 p.

- Ramírez, R. y M. López. 2000. Agronomy effectiveness of phosphate rock and superphosphate for aluminum tolerant and non-tolerant sorghum cultivars. *Communication Soil Science Analysis* 31(9 y 10):1 169-1 178.
- Requena, N., I. Jimenez, M. Toro and J. M. Barea. 1997. Interactions between plant-growth promoting rhizobacteria (PGPR), arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium spp. *New Phytol.*, 136:667-677.
- Rey, J. C. 2003. Informe de clasificación de suelo de lote experimental, ubicado en Municipio Espino, estado Guárico. 6 p.
- Torres, D., A. Florentino y M. López. 2005. Pérdidas de suelo y nitrógeno por escorrentía en un suelo Ultisol degradado bajo diferentes condiciones de cobertura vegetal en Chaguaramas-Guárico. *Agronomía Trop.* 55(4):475-496.
- Torres, D., A. Florentino y M. López. 2006. Indicadores e índices de calidad de suelo en un Ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Bioagro*. Volumen 18(2):83-91.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Melanoloma viatrix* HENDEL (DIPTERA: RICHARDIIDAE) EN TRUJILLO, VENEZUELA

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF *Melanoloma viatrix* HENDEL (DIPTERA: RICHARDIIDAE) IN TRUJILLO, VENEZUELA

Rafael Montilla*, Luís Lacruz y Darío Durán****

*Investigador y **Técnicos Asociados a la Investigación, respectivamente. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estación Experimental Trujillo. Avenida Bolívar, frente al Ambulatorio. Apdo. 395. Pampanito, Edo. Trujillo. Venezuela.
E-mail: rmontilla@inia.gob.ve

RESUMEN

Con el propósito de contribuir al conocimiento sobre la distribución del gusano de la piña en el estado Trujillo, las variedades que ataca y determinar algunos factores que favorecen su dispersión, se instalaron en parcelas de productores de piña, *Ananas comosus*, trampas cebadas con atraentes basados en proteína hidrolizada (un mes/parcela), en los diferentes municipios piñeros. Adicionalmente, en forma aleatoria se realizaron entrevistas personalizadas e informales a productores, compradores y vendedores de piña, sobre la calidad fitosanitaria de los frutos, destino del producto fresco y del desechado. Como factor principal de distribución se tomó en cuenta la presencia de la mosca en la trampa, los registros de muestras consignadas al laboratorio de INIA-Trujillo y de la información de los entrevistados. Los resultados obtenidos arrojan que *M. viatrix* se encuentra distribuida en todos los municipios piñeros del estado (Andrés Bello, Carache, Carvajal, Miranda, Motatán, Pampán, Pampanito, Rangel, Sucre, Trujillo), atacando todas las variedades de piña que se siembran (Valera amarilla, Valera roja, Joba, Capachera, Puerto Rico), desde los 50 hasta los 1300 m.s.n.m., los camioneros son la principal fuente de dispersión, ya que llevan el producto fresco (Fruto) a diferentes estados, seguido de los puntos de venta en las carreteras, quienes arrojan la piña sobremadura en sitios cercanos para su descomposición.

Palabras Clave: *Ananas comosus*; distribución geográfica; *Melanoloma viatrix*; mosca de la piña; variedades de piña; Venezuela.

SUMMARY

In order to contribute to the knowledge on the distribution of the worm, *M. viatrix*, of the pineapples in Trujillo State, the varieties attacked, and to determine some factors that allow its dispersion, there were settled traps with attractive based in hydrolyzed protein (a month/parcel) in pineapples farms in the agricultural municipalities of the state. Additionally, in a random way, we run out interviews to farmers, buyers, and salesmen of pineapples to know about fitosanitary issues of the fruits, destiny of the fresh product, and handling of the rejected ones. To evaluate the distribution of the worm we took into account the presence of the fly in the traps, the entrance of pineapples samples into the laboratory of INIA-Trujillo, and the information from the interviewed people. The results shown that *M. viatrix* is spread all over the municipalities where pineapples is cultivated (Andrés Bello, Carache, Carvajal, Miranda Motatán, Pampán, Pampanito, Rangel, Sucre, Trujillo), which are located from 50 to 1300 meters above the sea level, and attack all the varieties of pineapples (Yellow Valera, Red Valera, Joba, Capachera, Puerto Rico). Moreover we found that the truck drivers are the main way of dispersion, since they take the fresh product (Fruit) to the sales point through the different states, and we found that the residues (sobremature pineapples) normally is throw away near the sites of sale.

Key Words: *Ananas comosus*; geographic distribution; *Melanoloma viatrix*; fly of pineapples; varieties of pineapples; Venezuela.

INTRODUCCIÓN

En 1998, la mosca del gusano de la piña, *Melanoloma viatrix* Hendel, es detectada atacando frutos en plantaciones de piña cultivadas, en los estados Táchira y Trujillo, en este último es registrada para los municipios: Pampán, Motatán y Pampanito del estado Trujillo (Giraldo *et al.*, 2000), simultáneamente Boscán *et al.* (2000) registra para el mismo año, la presencia de la mosca en plantaciones de piña ubicadas en Güigüe, estado Carabobo; más recientemente Abzueta *et al.* (2007) señala a *M. viatrix* en varios municipios del estado Monagas, afectando seriamente su producción y comercialización. El daño en el fruto se evidencia externamente por una maduración desuniforme (Figura 1) e internamente por pudriciones y la presencia de larvas (Figura 2).



FIGURA 1. Fruto de piña con síntomas de ataque de *M. viatrix*.



FIGURA 2. Fruto de piña mostrando pudrición interna causada por *M. viatrix*.

Trujillo es considerado el segundo estado productor de piña, *Ananas comosus* L., a nivel nacional. Dicho cultivo representa la principal fuente de ingreso para las familias que se dedican a esta labor, además de ser fuente generadora de empleos directos e indirectos en la cadena agroproductiva.

Las zonas productoras de frutos de piña en el estado, se encuentran ubicadas en orden de importancia en los siguientes municipios: Pampán, Motatán, Pampanito, Trujillo, Carache, San Rafael de Carvajal, Miranda, Rafael Rangel, Andrés Bello, Sucre, Bolívar, Manuel Felipe Cañizales, Candelaria, La Ceiba, Monte Carmelo, Urdaneta y Escuque (MPPAT-UEMPAT, 2003). Este mismo autor, estimó una superficie cosechada de 2931 hectáreas, siendo registradas aproximadamente unas 1500 familias, que participaban activamente en forma directa en el proceso productivo de la piña.

Conscientes de la existencia de plantaciones de piña en otros municipios del estado Trujillo, se dispuso determinar la presencia de la mosca en unidades de producción representativas de los diferentes sectores piñeros y que factores contribuyen a su dispersión, como base para la planificación de estrategias de control y de investigación, que ayuden a minimizar la incidencia de la plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se inició en el mes de julio de 2005 y se continuó hasta septiembre de 2006; el mismo se basó en entrevistas, recolección de frutos e instalación de trampas rústicas cebadas con atrayentes alimenticios basados en proteína hidrolizada, así como de los registros de muestras de frutos consignadas por productores, al servicio de diagnóstico fitosanitario del INIA-Trujillo.

Se visitaron inicialmente los municipios con más problemas con la mosca, seguido de los menos problemáticos, así en orden de importancia: Pampán, Motatán, Pampanito, Trujillo; luego Carache, San Rafael de Carvajal, Miranda, Rafael Rangel, y posteriormente los otros mencionados.

Las entrevistas realizadas consistieron en solicitar de manera informal, información a los productores, transportistas y vendedores sobre la calidad fitosanitaria de los frutos de piña cosechados, así como el destino de los mismos. Simultáneamente se instalaron en forma progresiva en las plantaciones próximas a ser cosechadas, dos trampas McPhail plástica (rústica) por cada unidad de

producción. Las parcelas seleccionadas fueron como se presentaron y por consentimiento con el productor. Cada trampa fue cebada con 300 ml de Nulure (proteína de hidrolizada basado en maíz, a razón de 40 ml de Nulure/ en 01 lt de agua).

La trampa cebada se colocó sobre un soporte hecho con cabilla 3/8" de un metro de largo, a una altura de 70 cm sobre el nivel del suelo y al lado de cada doble hilera de piña. Ésta es la altura promedio a la que se ubican los frutos en las plantaciones de piña. Los insectos capturados en las trampas se colectaron cada 8 días, depositándose en frascos de vidrio que contenían alcohol al 70% y luego fueron llevados al laboratorio, donde se realizó la identificación; en el mismo momento de la colecta, colocando nuevamente las trampas en otros sitios dentro de la plantación, realizándose previamente el lavado y recebado. Las observaciones en cada unidad de producción se efectuaron durante un mes, luego las trampas fueron recogidas y llevadas a otras fincas en las que seguía el mismo procedimiento de instalación, recolección, cebado, traslado e identificación.

Los registros de muestras consignadas al servicio de diagnóstico de protección vegetal del INIA-Trujillo, facilitó la localización de zonas afectadas por *M. viatrix* y el posterior contacto con productores, en tales sitios no fue necesario la instalación de trampas cebadas.

Otros de los elementos de diagnóstico que se utilizó, consistió en la recolección de frutos en el momento de la cosecha o a pocos días de la cosecha, y que presentarán síntomas de ataque de la mosca, los mismos se llevaron al laboratorio, colocándose en jaulas de emergencia para su observación, luego fueron dejados allí hasta la descomposición, para más tarde extraer las larvas e identificarlas y de esta forma corroborar que eran de *Melanoloma viatrix*. Las larvas se colocaron en envases plásticos de 250 cc, contenedores de aserrín esterilizado, cuyas tapas poseían orificios de aireación de 2,5 cm cubierto con tela dopiobello, hasta la emergencia de los adultos de la mosca, los cuales se colectaron y preservaron en alcohol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se entrevistaron 567 productores, 36 transportistas y 43 vendedores; durante la fase de entrevistas los productores, señalaron que inicialmente el comercio del fruto de la piña se desarrollaba sin ningún problema, en la medida que los consumidores notaron la baja calidad de los mismos, comenzaron a restringir la compra. Esto fue

motivo de preocupación entre comerciantes y productores; debido a que, los primeros exigían un fruto más sano y los segundos optaron por aplicaciones masivas y combinadas de productos químicos con el fin de controlar la mosca, así como de productos que aceleraran la maduración, con miras a uniformizar la cosecha y satisfacer la demanda.

En el Cuadro, se muestran los sitios visitados y la distribución de la plaga en los sectores productores de piña del estado Trujillo. En el municipio Trujillo se observó a *M. viatrix* atacando frutos de la variedad Valera Roja. En la localidad de San Pedro de Barbacoas, sector La Catalina, estado Lara, límite con el estado Trujillo, se detectó la presencia de la mosca, atacando Valera Amarilla. En los municipios Bolívar, Candelaria y la Ceiba, no se instalaron trampas ni se rastreó la zona, pero es importante destacar que la semilla de piña utilizada en estos municipios ha sido comprada por los productores a sus similares en el sector de Peraza, zona altamente infestada por la plaga.

En los puestos de venta de frutos de piña, en la carretera que enlaza a estos municipios, cuando dichos frutos no alcanzan a ser vendidos y están sobremaduros, son lanzados entre las malezas convirtiéndose en importantes focos de cría y dispersión de la mosca.

Esta situación también se observa en aquellos que se encuentran en los límites del estado Trujillo con otros estados (Lara, Mérida, Zulia). Sin duda alguna, el problema fitosanitario se incrementa por la movilización sin control en el proceso de comercialización de tal fruta.

En sus trabajos Peñaranda y Osorio (1995), señalan que no es reciente la presencia de *M. viatrix* en las zonas piñeras de Colombia. En este trabajo se esta de acuerdo en lo referente a lo señalado por los autores mencionados; es decir, *M. viatrix* estaba presente naturalmente en cada una de las zonas visitadas, donde tradicionalmente se siembra el cultivo, y que las bajas poblaciones de la mosca, así como el daño, no constituían un problema para los agricultores, por lo que la comercialización y la producción de piña no se veía afectada, hasta los registros como plaga en el país de Boscán *et al.* (2000) y Giraldo *et al.* (2000).

Por lo que se comparte la idea del cambio en las condiciones ambientales en que se desenvolvía la mosca, que en busca de opciones alimenticias y como estrategias de supervivencia, se haya convertido en un problema fitosanitario.

CUADRO. Distribución de *Melanoloma viatrix* por municipio, parroquia y localidad del estado Trujillo.

Municipio	Parroquia	Localidad	Altitud	N° Productores	Variedades	Total Productores
Pampám	Flor de Patria	- Hoya Grande	260 m	10	Valera Amarilla	310
		- Los Pajones	254 m	70		
		- Casa Peraza	390 m	100		
		- El Valle	370 m	10		
		- Capucal	367 m	90		
		- Peraza Alta	569 m	30		
	Pampán	- La Cortadora	517 m	10	Valera Roja	10
	La Paz	- La Guaca	400 m	10	Valera Amarilla	15
		- Puente Blanco	402 m	05		
	Santa Ana	- La Beticó	634 m	10	Valera Amarilla	20
- Caracoles		895 m	10	Valera Roja		
Motatán	El Baño	- Las Guacharacas	340 m	20	Valera Amarilla	85
		- Mesetas de Jalisco	320 m	25		
	Jalisco	- El Candelillo	611 m	30		
		- Las Dantas	395 m	15		
Pampanito	Pampanito II	- Butaque	248 m	10	Valera Amarilla	15
		- Cambalache	400 m	05		
	La Concepción	- Mucuche	450 m	08		
Carvajal	José Leonardo Chirinos	- Mesetas de Chipuen	500 m	10	Valera Amarilla Joba	10
Carache	Santa Cruz	- Valle Hondo	834 m	07	Capachera	49
		- El Jabillo	646 m	02	Valera Amarilla	
		- Los Cimientos	800 m	10	Valera Amarilla	
		- Los Barriales	723 m	10	Valera Amarilla	
		- Puente Villegas	590 m	12	Joba	
		- Chupulún	750 m	08	Capachera	
Rafael Rangel	José Gregorio Hernández	- San Pedro de Isnotú	726 m	05	Valera Roja	05
Trujillo	Monseñor Carrillo	- Loma Piedras Negras	1243 m	04	Valera Roja	04
Andrés Bello	El Araguaney	- Sabana las Palmas	54 m	05	Puerto Rico	05
Miranda	El Divide	- Zaragoza	128 m	04	Valera Amarilla	04
	Agua Caliente	- La Platabanda	275 m	05	Valera Amarilla	05
Sucre	Valmore Rodríguez	- Finca Santa Fe	128 m	02	Valera Amarilla	02

Esta idea parte del hecho de que, en zonas visitadas en otras partes del país donde se cultiva piña (Abzueta *et al.*, 2007), y del lugar de colecta de los frutos aparentemente sanos, se hayan obtenido larvas y adultos de la mosca de la piña. Aunque no se estimó el porcentaje de infestación ni de daño en las plantaciones, se tiene planteado para futuras investigaciones incluir este aspecto, con el fin de contar con una información más completa de la ecobiología de esta mosca en zonas piñeras del estado Trujillo.

De acuerdo a los resultados se señala, que *M. viatrix* se encuentra distribuido en el 90% de las zonas productoras de piña del estado (Figura 3), con un rango de altitud que va desde los 50 a los 1 300 m.s.n.m., aproximadamente. Esta mosca se encuentra atacando todas las variedades que se siembran en la entidad, a saber: Valera Roja, Valera Amarilla, Joba, Capachera, Puerto Rico.

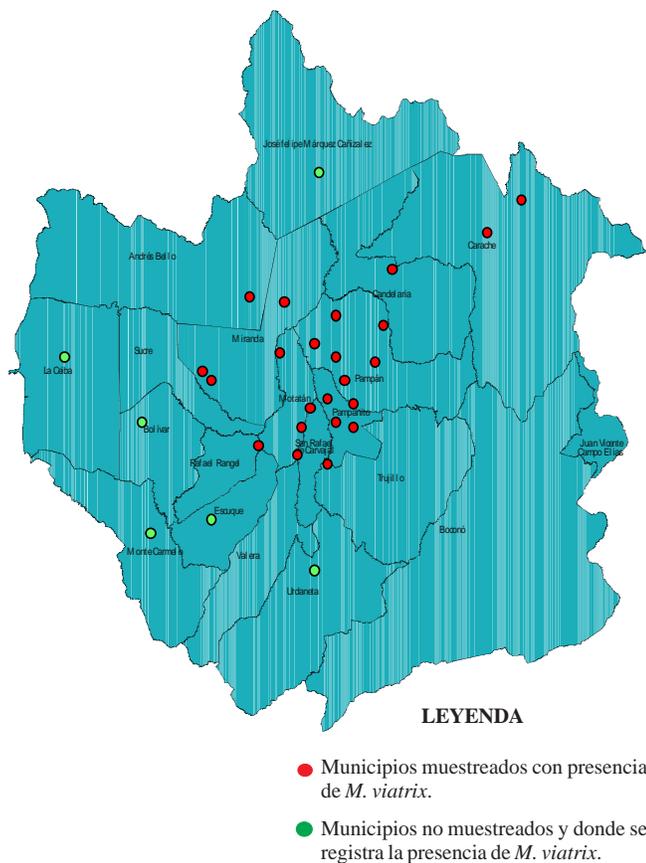


FIGURA 3. Estado Trujillo con sus municipios (DDE, 2005), mostrando la distribución de *M. viatrix*.

Debido a la amplia distribución que tiene esta mosca en la región y los daños que ha causado, se sugiere la intervención del estado a fin de hacer cumplir las leyes agrícolas para evitar el traslado de material infestado, así como de prestar todo el apoyo a estos productores con miras a mejorar su producción, pues son aproximadamente 1 500 familias que derivan su sustento de esta actividad agrícola. Es necesaria la implementación de programas de investigación y concienciación de la población productora, comercializadora y consumidora con miras a reducir el ataque de *M. viatrix*.

BIBLIOGRAFÍA

- Abzueta, O., D. Mark, G. Rodríguez, L. Vásquez, A. García, J. Delgado y R. Migloire. 2007. Detección y distribución del gusano de la piña (*Melanoloma viatrix* Hendel) en el estado Monagas, Venezuela. (Diptera: Richardiidae). **In:** "XX Congreso Venezolano de Entomología". Memorias. San Cristóbal, 22 al 26 de julio de 2007. San Cristóbal, Táchira, Venezuela.
- Boscán, N., C. Rosales y F. Godoy. 2000. La mosca del fruto de la piña *Melanoloma viatrix* (Diptera: Richardiidae) nuevo insecto plaga en Venezuela. *Agronomía Trop.* 50(1):135-140.
- Giraldo-Vanegas, H., S. Roa, A. Vargas, C. Yáñez, P. Bautista, I. Gómez, M. González, C. Alvarado, B. Camacho y A. Medina. 2000. Presencia de la mosca de la piña *Melanoloma viatrix* Hendel (Diptera: Richardiidae), en los Andes Venezolanos. **In:** Memorias "VII Congreso Nacional de Frutales", San Cristóbal, Venezuela. Octubre-2000. p. 164.
- Dirección de Desarrollo Económico (DDE), Gobernación del estado Trujillo, Venezuela. 2005. División político territorial administrativa. Elaboración Ingeniera María Rea. Edición Agosto 2005. Datum La Canoa. Escala 1:200.000.
- Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT-UEMPAT). 2003. Censo Agrícola del estado Trujillo, Venezuela. Avances. Prensa.
- Peñaranda, E. y M. Osorio. 1995. Consideraciones generales sobre *Melanoloma viatrix* Hendel, una nueva plaga de la piña. *Revista Colombiana de Entomología*, 21(1):1-8.

CARACTERIZACIÓN POSTCOSECHA DEL APIO CRIOLLO CULTIVADO EN EL MUNICIPIO TOVAR, ESTADO MÉRIDA - VENEZUELA¹

CHARACTERIZATION OF POST-HARVEST ARRACACHA GROWN IN THE MUNICIPALITY TOVAR, MERIDA STATE - VENEZUELA¹

Auris García* y Emperatriz Pacheco Delahaye*

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

* Profesoras. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Instituto de Química y Tecnología. Laboratorio de Bioquímica de Alimentos. Apdo. 2105 Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail. aurisgarcia@hotmail.com; Olivier@telcel.net.ve

RESUMEN

Actualmente, Venezuela y los países del grupo andino, promueven el consumo de raíces y tubérculos autóctonos, por la importancia económica y de beneficios a la salud. Por ello, esta investigación tuvo por objetivo, caracterizar la calidad postcosecha del apio criollo, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, de los morfotipos blanco y amarillo, cultivados en la cordillera andina venezolana. La metodología usada, permitió determinar algunas propiedades físicas, químicas y reológicas, aplicables al diseño de normas de calidad y a la selección del producto para su proceso industrial. Como resultado, los morfotipos, presentaron variabilidad en el rango de masa fresca (34,90-312,20 g), tamaño (7,00-24,00 cm de longitud, con un grosor de 2,4 a 8,60 cm) y forma (cónica (12,8%), cónica-cilíndrica (15,0%), cilíndrica (6,6%), fusiforme alargada (29,8%), fusiforme cilíndrica (30,0%), cilíndrica ovovalada (18,30%) y cilíndrica bifurcada (5,20%), las cuales fueron atribuidas al efecto de los factores agronómicos y de la altitud sobre las características físicas durante el desarrollo de la raíz. En la composición química, presentaron bajos contenidos de grasas (0,64 g 100 g⁻¹), proteínas (3,82 g 100g⁻¹) y azúcares reductores (3,69 g 100g⁻¹), pero una relación media en fibra (6,79 g 100 g⁻¹), alta en almidón (79,39 g 100 g⁻¹) y en minerales como el calcio (210,25 mg 100 g⁻¹) y el fósforo (215,0). En conclusión para hacer un estándar de calidad comercial del apio criollo, se sigue el establecimiento de cultivos de producción en sistemas controlados y para evitar las mermas producidas durante el transporte y la comercialización, usar la refrigeración o congelación según sea el caso.

Palabras Clave: Apio criollo; *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft; calidad postcosecha.

SUMMARY

At the present time, due to the economic importance and health benefits, the group of Venezuela and the countries of the Andean group, are promoting the consumption of roots and autochthonous tubers. Therefore, this investigation had for objective to characterize the postharvest quality of arracacha, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, of the white and yellow morphotypes, cultivated in the Andes area of Venezuela. The used methodology allowed to determine some physical, chemical and rheological properties, applicable to the design of norms of quality and the selection of the product for industrial processes. The results shown, for the evaluated morphotypes, that the fresh mass fluctuated between 34.90 and 312.20 g, the size between 7.00 and 24.00 cm the longitude and the thickness between 2.4 and 8.60 cm, and the shape were conical (12.8%), conical - cylindrical (15.0%), cylindrical (6.6%), fusiform lengthened (29.8%), fusiform cylindrical (30.0%), cylindrical oval (18.30%), and cylindrical forked (5.20%), which were attributed to the effect of agronomic factors, and of the altitude in the physical characteristics during the development of the root. The chemical composition, shown that it is low in lipid (0.64 g 100g⁻¹), protein (3.82 g 100g⁻¹) and sugars reducers (3.69 g 100g⁻¹), but a it has a medium content in fiber (6.79 g 100g⁻¹), and high content of starch (79.39 g 100g⁻¹) and in minerals as calcium (210.25 mg 100g⁻¹) and phosphrus (215.0 mg 100g⁻¹). In conclusion for make an comercial standard of quality for the arracacha, we suggest the stablishment of this crop under controlled conditions. Moreover to prevent the lost of weight during the transportation and commercialization we suggest to freeze and to refrigerate.

Key Words: Arracacha; *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft; quality postharvest.

RECIBIDO: febrero 12, 2008

ACEPTADO: agosto 06, 2008

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Venezuela y los países del grupo andino, promueven el consumo de raíces y tubérculos en forma fresca o procesada, por la importancia de las propiedades funcionales, los aportes nutricionales y beneficios a la salud, en la reducción de riesgos de enfermedades cardiovasculares. El apio criollo, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, al igual que la papa, *Solanum tuberosum*, yuca, *Manihot esculenta*, batata, *Ipomoea batata* y zanahoria, *Daucus carota*, han sido cultivos autóctonos de lo altos del Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Venezuela, así como fuente tradicional de la alimentación y economía de estas regiones (González y Pérez, 2003; Espinoza, 1999).

Actualmente su producción, se encuentra estancada, por los cambios de consumo de la población, la falta de tecnologías para el aprovechamiento integral y de normas de calidad para valorizar y potencializar su uso en el mercado nacional y de exportación (Lana *et al.*, 2004).

En general, las raíces de apio, son fusiformes, varían en tamaño, forma y color, siendo conocidos los morfotipos blancos, amarillos y morados. Este último una especie silvestre poco cultivada y de bajo a ningún interés comercial (Espín *et al.*, 2003).

Las propiedades físicas, químicas, reológicas y sensoriales, son la base para caracterizar la calidad de las raíces y seleccionar las técnicas de transformación en fritos ("chips"), congelado, snack u otros productos (Vitti *et al.*, 2003).

Un programa de control de calidad para tubérculos, fue propuesto por Borruey *et al.* (2000) basado en la determinación del color de la pulpa, forma, textura, facilidad de pelado, tiempo de cocción, nivel de aceptación en función al grado de madurez hortícola y zonificación del cultivo. En vista de la poca información de calidad en apio criollo, se planteó como objetivo en esta investigación, la caracterización de la calidad postcosecha del apio criollo, de los morfotipos amarillo y blanco, cultivadas en forma comercial en la zona productora de la cordillera andina venezolana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las raíces de apio criollo de los morfotipos blanco y amarillo, fueron donadas por la empresa Agrocerec C.A., ubicada en Timotes, municipio Tovar, estado Mérida. Las

muestras se recibieron en el grado de madurez hortícola, utilizado por los agricultores para comercializar el producto, correspondiente al índice agronómico de 12 meses. Para el estudio, se tomaron de forma aleatoria, 20 lotes de cada morfotipo conformado por un promedio de 5 unidades por lote, para un total de 200 muestras (Covenin, 1981, norma n° 1769), trasladadas en condiciones controladas al Laboratorio de Bioquímica de Alimentos del Instituto de Química y Tecnología, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, estado Aragua.

Preparación de las muestras

Previo a la conformación de los lotes, las raíces fueron sometidas a una selección, descartando el material no entero, malformado, con daños por insectos-plaga, hongos, bacterias (pudriciones), roturas, rajaduras, raspaduras, y manchas. Posteriormente, se lavaron los apios, utilizando cepillos para eliminar la tierra y otras impurezas, por inmersión en una solución de jabón cuaternario al 1%, con la finalidad de disminuir los residuos de agroquímicos y la carga microbiana presente (bacterias mesófilas y de coliformes fecales). A continuación se realizó un enjuagado con suficiente agua y un secado con ventilación forzada, para eliminar el exceso de humedad y los riesgos de posibles cambios indeseables (Flores, 2000).

Métodos físicos: Las características físicas, que describieron el grado de madurez comercial de la raíz, se basaron en la determinación de la masa fresca en g (Flores, 2000), volumen por el principio de Arquímedes (cm^3), peso específico (g cm^{-3}), dimensiones de tamaño (referidas al largo, diámetro mayor y menor de la raíz en cm), área de la raíz (determinada a partir de la proyección longitudinal sobre papel milimetrado cuantificando su área en cm^2) según Echeverría y Rangel, (1992) y la forma, tomando como referencia la proyección longitudinal propuesta por Montaldo (1979).

Además del rendimiento en pulpa ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) según Borruey *et al.* (2000), la humedad y el pH determinados por el método oficial de la AOAC (1990). El color por el método de Hunter -Lab, en un equipo colorimétrico DP-9000 marca Gardner/Neotec, color Queso II, calibrado en el iluminante C (todos los colores) conforme a lo propuesto por Flores, (2000) y el índice de curvatura, calculado por el método de comparación del producto con una figura geométrica regular. En este caso se utilizó el Índice Elipsoidal (ÍE), para cuerpos fusiformes alargados (Figuras 1) de Echeverría y Rangel, (1992).

% Frecuencia del tipo de forma típica en raíces de apio criollo							
Apio	Fusiforme cilíndrica	Cilíndrica ovovalada	Cilíndrica bifurcada	Cónica	Cónica cilíndrica	Cilíndrica	Fusiforme alargada
Blanco	19,4	14,2	5,0	12,8	13,4	5,4	29,8
Amarillo	30,0	18,3	5,2	11,6	15,0	6,6	13,3

n:10 lotes: 45 kg /lote

FIGURA 1. Formas típicas propuestas en raíces de apio criollo de los morfotipos blanco y amarillo.

Métodos químicos: Las determinaciones por triplicado del contenido de sólidos solubles, se realizaron siguiendo la norma COVENIN (1977) n° 924-77 y la de acidez (% ácido málico) por el método oficial de la AOAC (1990).

Método reológico: La característica de firmeza textural de la raíz, se determinó utilizando el penetrómetro modelo Chatillon, marca Jhon Chatillon y Sons INC, con una aguja de corte biselada (punta de cizallamiento) de 1,3 cm de longitud con el cual se aplicaron los esfuerzos de corte en la posición ecuatorial de la raíz. La fuerza máxima de resistencia, expresada en unidades de kilogramos fuerza (Kgf /mm deformación) y de newton (N/m deformación) fue determinada por la salida del jugo celular o la presencia de rotura en el tejido (Echeverría y Rangel, 1992).

Métodos químicos: La determinación por triplicado de proteína (N* 6,25), ceniza, grasa, fibra dietética, carotenos, azúcares reductores y minerales (calcio, hierro y fósforo), se analizaron aplicando los métodos oficiales de la AOAC, (1990), el contenido de almidón, se hizo por el método colorimétrico de Mc Cready *et al.* (1956), usando la solución de ácido perclórico al 52% y el reactivo de Yodo-Yoduro de potasio.

Análisis estadísticos: Se aplicó el método estadístico descriptivos previa conformación de la normalidad de los datos por la prueba de Shapiro- Wilk, análisis de varianza de un diseño completamente aleatorizado por dos vías y comparación de medias por el método de Tukey, para los casos donde se encontraron diferencias significativas de las variables en estudio (Mongomery, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los morfotipos de apio blanco y amarillo, presentaron variabilidad en el rango de peso fresco de 34,90-312,20 g y 53,30-240,0 g, respectivamente (Cuadro 1), lo cual fue atribuido al efecto de los factores agronómicos y de la altitud sobre las características físicas durante el desarrollo de la raíz. Sin embargo, los valores promedios del peso específico ($1,036 \text{ g cm}^{-3}$ y $1,138 \text{ g cm}^{-3}$), no mostraron diferencias significativas coincidiendo, con lo señalado por Murillo (2003), para adecuar el rubro al procesamiento industrial en la obtención de chips, ya que indica, que valores mayores de $1,080 \text{ g cm}^{-3}$ en papa, permiten obtener alto rendimiento de "Chips" crujientes y resistente a la rotura.

CUADRO 1. Valores promedio y análisis de varianza del peso (g), volumen (cm³) y peso específico (g cm⁻³) de las raíces de apio.

Características	Apio criollo de los morfotipos	
	Blanco	Amarillo
Peso (g)	135,41±75,14 ^a	120,30±52,00 ^a
IR	34,90–312,20	53,30–240,00
Volumen (cm ³)	132,02±75,02 ^a	106,87±49,16 ^a
IR	30,80–310,00	47,00–220,00
Peso específico (g cm ⁻³)	1,036±0,031 ^a	1,138±0,098 ^a
IR	1,000–1,163	1,000–1,550

* IR: Intervalo de Rango. ** Letras iguales en una fila indican inexistencia de diferencias significativas entre las muestras ($P \geq 0,05$).

El tamaño de las raíces, también presentó variabilidad, siendo esto considerado una característica intrínseca de la fisiología del crecimiento y desarrollo de la raíz, razón posible que no determinará diferencias significativas entre los morfotipos.

Los valores de rango de longitud, diámetro mayor y menor, fueron de 7,00-24,00 cm, 2,4-8,60 cm y 1,00-5,30 cm, respectivamente (Cuadro 3), coincidiendo con los datos señalados por Real (1994), quién encontró apios con longitud entre 5 a 25 cm y diámetros variables en hasta 8 cm.

La forma del apio fue variable, por estar relacionada con el tamaño, peso, volumen y área de la raíz. En los lotes analizados, se encontraron algunas formas similares a las definidas por Montaldo (1979) para raíces de yuca, del tipo: cónica (12,8%), cónica- cilíndrica (15,0%) y cilíndrica (6,6%). Adicional, a estas se identificaron otras formas consideradas típicas para ambos morfotipos, denominadas en este estudio como: Fusiforme alargada (29,8%), fusiforme cilíndrica (30,0%), cilíndrica ovovalada (18,30%) y cilíndrica bifurcada (5,20%; Figura 1).

A pesar de la variabilidad de las características de tamaño y forma, el promedio del material analizado de los morfotipos de apio blanco y amarillo, presentaron un

índice de curvatura (0,82 y 0,84), con tendencia elipsoidal fusiforme, a nivel de confianza del 95%. Esta característica de polimorfismo en apio, puede deberse, entre otros factores a la no selección, ni certificación de los materiales utilizados para las siembras comerciales, generando por ello, características físicas no uniformes. Sin embargo, los actuales mercados exigen categorizar de manera homogénea la calidad de las raíces, en base a peso, forma, tamaño, raíces sanas, enteras y con menor grado de defectos morfológicos, objetivo que sólo se lograría bajo sistemas de siembra controlados.

En este sentido, se hizo un análisis de distribución de frecuencia de los pesos y tamaños, previa normalidad de los datos, aplicando la prueba de Wilk-Shapiro y transformación de los mismos para homogeneizar y definir las categorías por rangos con un intervalo de confianza del 95%, determinándose las categorías del I al IV, indicativas de las raíces de mayor a menor peso (g) y tamaño (cm). Identificando con la categoría IV, las raíces de pesos y tamaños de menor aceptación comercial (Cuadro 2).

Para determinar los niveles de tolerancia de aceptación y rechazo de los lotes, se analizaron los defectos y daños presentes (Figura 2), encontrándose que los principales defectos se relacionaron con los polimorfismo de la raíz y los daños fueron del tipo físico-mecánico (lesiones por abrasión, cortes, roturas, y magulladuras), causados por el inadecuado manejo de las raíces durante las operaciones de cosecha y transporte. Este tipo daño coinciden con lo encontrado por Souza *et al.* (2003), en lotes de raíces de apio cultivados en Brasil.

Entre otras características físicas se determinó, el pH de la pulpa de la raíz con valores promedio entre 6,60–6,65, sólidos solubles de 7,20–7,80 °Brix (Cuadro 3), rendimiento de pulpa promedio de 82,64 y 84,35% y contenido de humedad promedio de 75,23 y 77,78 g 100 g⁻¹, en los morfotipos blanco y amarillo, respectivamente. Al respecto, Barrera *et al.* (2003) en apio fresco, encontró contenidos de humedad (68,17–88,70 g 100 g⁻¹) y de sólidos solubles (6,1 a 9,60 °Brix.) similares a este estudio.

Con relación a la concentración de ácido málico promedio, este fue mayor en el morfotipo de apio blanco (0,092 g 100 g⁻¹) que en el amarillo (0,086 g 100 g⁻¹). El color en el apio blanco, presentó valores promedio de L: 73,14, a: -1,30 y b: 21,91, los cuales tuvieron diferencias significativas, con los promedios que caracterizaron al apio amarillo de L: 77,89, a: -0,25 y b: 32,16.

CUADRO 2. Propuesta de categorías por peso (g) y tamaño (cm) de acuerdo a los resultados de la distribución de frecuencia de las dimensiones de largo(cm) y diámetro mayor(cm) de las raíces de apio amarillo.

Categorías	Peso (g) Rangos	Largos (cm)		Diámetro mayor (cm)	
		Rangos	Frecuencias (%)	Rangos	Frecuencias (%)
I	205,3 – 255,3	19,0 – 22,0	10,5	7,3 – 8,5	7,1
II	155,3 – 205,3	16,0 – 19,0	21,1	6,0 – 7,3	26,2
III	155,3 – 105,3	16,0 – 13,0	44,7	4,8 – 6,0	42,9
IV	55,3 – 105,3	10,0 – 13,0	23,7	3,5 – 4,8	23,8

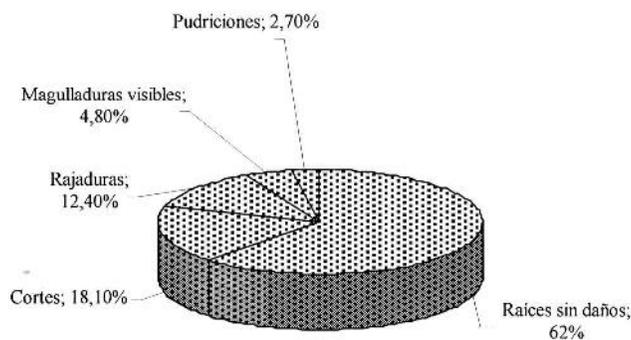
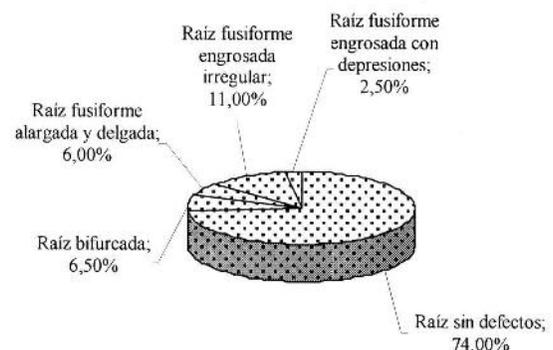
Categorías de peso del I al IV, corresponden a las raíces de mayor a menor peso (g). Categoría IV identifica las raíces de pesos posiblemente de poca aceptación comercial, dado que la frecuencia tiende hacia el valor mínimo de 55,3 g y hasta de menor peso. Categorías de tamaño del I al IV, corresponden a las raíces de mayor a menor largo (cm) y diámetro mayor (cm). Categoría IV identifica las raíces de dimensiones posiblemente de poca aceptación comercial, dado que la frecuencia tiende hacia el valor mínimo de 10 cm de largo y 3,5 cm de diámetro.

Desde el punto de vista reológico no se encontró diferencias significativas en los valores promedio de la textura de los morfotipos en estudio, a nivel del punto de ruptura máximo de 2,00 – 2,13 kgf (0,200 – 0,213 N) con una deformación irre recuperable máxima de 4,0 mm (4×10^{-3} m) como se muestra en el Cuadro 4. Este comportamiento, caracterizó al apio fresco, como rubro de baja resistencia físico-mecánica al manejo postcosecha. Todas estas características físicas, químicas y texturales, definieron el grado de madurez hortícola de la raíz a nivel comercial.

Con relación a la composición química (Cuadro 5), se determinó que el contenido de almidón disponible en el morfotipo blanco ($79,39 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) presentó diferencias

significativas con respecto al amarillo ($74,98 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), ubicándose los promedios en el rango observado por Leonel y Pascoli (2002) para algunas raíces y tubérculos ($73,6$ a $94,28 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$).

El contenido de azúcares totales y reductores de los morfotipos en estudio, mostraron diferencias significativas, con tendencia a una mayor concentración en el apio amarillo de $7,29$ y $3,69 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. La proporción de carotenoides en el morfotipo amarillo ($0,98 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), como era de esperarse fue mayor con respecto al blanco ($0,59 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$), existiendo diferencias significativas entre los valores promedios. La fracción de ceniza presentó mayor contenido en el morfotipo amarillo ($5,50 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).

**% Daños en raíces recién cosechadas****% Defectos en raíces recién cosechadas**

n: 10 lotes: 45 kg /lote.

FIGURA 2. Principales tipos de daños y defectos en las raíces frescas de apio criollo de los morfotipos blanco y amarillo.

CUADRO 3. Valores promedio y de rango del pH de los raíces de apio de los morfotipos blanco y amarillo.

Apio Morfotipo	pH	Acidez (% ácido málico)	Sólidos solubles (°Brix)
Blanco	6,60 ± 0,07 ^b	0,092 ± 0,002 ^a	7,80 ± 0,05 ^a
Amarillo	6,6 5 ± 0,09 ^a	0,086 ± 0,002 ^b	7,20 ± 0,06 ^b

*Letras iguales en una columnas indican la no existencia de diferencias significativas entre las muestras (P≥0,05).

La proporción de grasa, aunque fue superior en el amarillo (0,64 g 100 g⁻¹), con respecto al morfotipo blanco (0,59 g 100 g⁻¹), estos fueron considerados contenidos muy bajos. La cuantificación de fibra dietética (6,22 y 6,79 g 100 g⁻¹) se considero de interés para el aporte nutricional, mientras la proteína (3,48 y 3,82 g 100g⁻¹) tanto en las raíces de apio blanco y amarillo se presentaron en bajos contenidos, encontrándose estos promedios en el rango señalado por Barrera *et al.* (2003) de 2,16 - 8,10 g 100 g⁻¹ en fibra y 3,73 a 10,01 g 100 g⁻¹ de proteína, para especies cultivadas en la región andina. En cuanto a los minerales se determinó que estas raíces, tienden en aportar calcio, fósforo y hierro principalmente, determinándose que el morfotipo amarillo presenta mayores valores promedios de estos componentes (210,25 mg 100g⁻¹, 215,0 mg 100 g⁻¹ y 45,75 mg 100 g⁻¹, respectivamente) que en las raíces del morfotipo blanco (Cuadro 6). Sin embargo, los contenidos de estos minerales, fueron mayores a los señalados por Dos Santos (1998) en apio criollo cultivado en Brasil.

CUADRO 4. Valores promedio y análisis de varianza de la resistencia físico mecánica de las raíces de apio de los morfotipos blanco y amarillo.

Apio Morfotipo	Área (cm ²)	Punto de ruptura (kgf)	Deformación (mm)
Blanco	48,43 ± 22,28 ^b	2,00 ± 0,38 ^a	4,00 ± 0,21 ^a
Amarillo	55,30 ± 21,47 ^a	2,13 ± 0,41 ^a	4,00 ± 0,11 ^a

*Letras iguales en una columnas indican la inexistencia de diferencias significativas entre las muestras (P≥0,05).

CUADRO 5. Composición química proximal de las raíces de apio blanco y amarillo cultivadas en la región de Timotes del municipio Tovar del estado Mérida.

Composición Química (g 100 g ⁻¹)	Apio criollo (morfotipos)	
	Blanco	Amarillo
Humedad	75,23 ± 5,48 ^b	77,78 ± 3,91 ^a
Materia seca	22,52 ± 2,85 ^b	24,60 ± 3,73 ^a
Ceniza	3,43 ± 0,04 ^b	5,50 ± 0,02 ^a
Proteína	3,48 ± 0,13 ^b	3,82 ± 0,12 ^a
Grasa	0,59 ± 0,04 ^b	0,64 ± 0,04 ^a
Almidón	79,39 ± 0,04 ^a	74,98 ± 0,06 ^b
Fibra	6,22 ± 0,06 ^b	6,79 ± 0,04 ^a
Azúcares totales	6,30 ± 0,09 ^b	7,29 ± 0,09 ^a
Azúcares reductores	3,32 ± 0,05 ^b	3,69 ± 0,05 ^a
Carotenoides	0,59 ± 0,02 ^b	0,98 ± 0,09 ^a

Promedios en base seca de la composición química de los contenidos de ceniza, proteína, grasa, almidón, fibra, azúcares totales y carotenoides.

*Azúcares reductores expresado sobre la base de glucosa

** Letras iguales en una fila indican la no existencia de diferencias significativas entre las muestras (P≥0,05).

CUADRO 6. Valores promedio y análisis de varianza del contenido de calcio, fósforo y de hierro en las raíces de apio de los morfotipos blanco y amarillo.

Apio Morfotipo	Contenido de minerales (mg 100 g)		
	Calcio	Fósforo	Hierro
Blanco	195,61 ± 1,10 ^b	120,0 ± 2,04 ^b	24,33 ± 0,32 ^b
Amarillo	210,25 ± 0,57 ^a	215,0 ± 1,32 ^a	45,75 ± 0,16 ^a

* Letras iguales en una columnas indican la no existencia de diferencias significativas entre las muestras (P≥0,05).

CONCLUSIONES

- Los morfotipos de apio criollo blanco y amarillo, presentaron una amplia variabilidad cuantitativa y cualitativa en las características físicas de peso (34,90-312,20 g), volumen, forma (cónicas a fusiformes cilíndricas) y tamaño (7,00-24,00 cm de longitud y

2,4-8,60 cm de grosor), que limitan la estandarización de la calidad en base a estas variables.

- Los valores texturales (0,275 N), caracterizaron a la raíz en un grado de madurez, de tejido crujiente y turgente, por el alto contenido de humedad presente (77,78 g 100 g⁻¹).
- En la composición química, presentaron bajos contenidos en grasas (0,64 g 100 g⁻¹), proteína (3,82 g 100 g⁻¹), fibra (6,79 g 100 g⁻¹) y azúcares reductores (3,69 g 100g⁻¹), pero una alta relación de almidón (79,39 g 100 g⁻¹) y de minerales como el calcio (210,25 mg 100 g⁻¹) y el fósforo (215,0 mg 100 g⁻¹).
- Como recomendación para estandarizar la calidad comercial del apio criollo, se sugiere establecer siembras en sistemas de producción controlada y para reducir las pérdidas de peso, durante el transporte y la comercialización, establecer condiciones de refrigeración, para cada caso.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la agroindustria Agrocereos C.A en Timotes, estado Mérida y a la ayuda técnica de Gloria de Pinto.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemist. AOAC. 1990. Official methods of analysis. Volume I y II. 15th ed. AOAC, Arlington, V.A. USA. 1289 p.
- Barrera, V., P. Espinosa, C. Tapia, A. Monteros y F. Valverde. 2003. Caracterización de las raíces y los tubérculos Andinos. Serie 1. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Revista Centro Interamericano de la Papa. 1:3-30 p
- Borruey, A., F. Cortina, J. Mula y C. Vega. 2000. Calidad industrial y culinaria de tubérculos: variedades de patata. **In:** Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata, Editorial Vitoria-Gastéis, España. 1-15 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Covenin. 1977. Determinación de los sólidos solubles en jugos y néctares de frutas. N° 924-77. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, Covenin. 1981. Toma de muestras para frutas. N° 1769-81. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 12 p.
- Dos Santos, F. 1998. Algunos resultados de investigación aplicada en arracacha en Brasil. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). **In:** Seminario: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación de raíces andinas 21:285-287.
- Echeverría, H. y O. Rangel. 1992. Caracterización físico-mecánica de algunos productos hortofrutícolas. **In:** Taller de Transferencia de Manejo y Tecnología Postcosecha. Jornadas Técnicas de Ingeniería Agrícola. FAGRO-UCV. Maracay, Venezuela. 10 p.
- Espín, S., E. Villacrés y B. Brito. 2003. Caracterización físico - química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. Revista Centro Internacional de la Papa: 101-107 p.
- Espinoza, P. 1999. Caracterización y situación del cultivo del apio. **In:** Documento presentado en el Taller "Promoción de Cultivos Andinos: Desarrollo para la agroindustria y mercados para el apio". Revista Centro Internacional de la Papa, 1:10-15 p.
- Flores, A. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y recomendaciones. 2da Edición. Editor Cátala. Imprenta Nacional. San Carlos, Venezuela. 224 p.
- González, Z., y E. Pérez . 2003. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pregelatinizados y calentados con microondas. Acta Científica Venezolana, 54:127-137.
- Lana, M., A. Moita, E. Do Nascimento, G. Souza e M. Melo. 2004. Identificação das causas de perdas pós-colheita de cenoura no varejo, Brasília. Horticultura Brasileira, 20:241-245.
- Leonel, M. e M. Pascoli. 2002. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 22:106-109.
- Mc. Cready R., J. Guggiols, J. Silveira and H. Owens. 1956. Determination of starch and amylase in vegetables. Analytical of Chemistry, 22(1):1 156-1 178.
- Mongomery, D. 1981. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Iberoamericana. California. 589 p.

- Montaldo, A. 1979. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Inter.-Americano de cooperación para la agricultura. San José de Costa Rica. 403 p.
- Murillo, O. 2003. Ficha Técnica: Industrialización de Yuca y otras rubros. CNP. Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Producto. Colombia. 10 p.
- Real, J. 1994. El Apio (*Arracacia xanthorrhiza*). Plant Production and Protection Series N° 26. FAO, Rome, Italy. p. 165-179.
- Souza, R., G. Henz e J. Peixoto. 2003. Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandioquinha-salsa na cadeia de pós-colheita. Horticultura Brasileira, 21:712-718.
- Vitti, M., R. Kluge, L. Yamamoto, e A. Jacomino. 2003. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. Horticultura Brasileira, 21:623-626.

NITRÓGENO Y POTASIO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULOS-SEMILLA DE PAPA¹

N AND K IN NUTRIENT SOLUTION IN THE POTATO TUBER SEED PRODUCTION¹

Héctor M. Coraspe-León*, Takashi Muraoka**, Vinicius Ide Franzini*** y Newton Do Prado Granja****

¹ Parte de la Tesis de Doctorado del primer autor, presentada a la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" (ESALQ)/ Universidad de Sao Paulo, Brasil.

*Investigador. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Experimental Trujillo. Avenida principal Pampanito, frente al ambulatorio. Apdo. 395. Pampanito, estado Trujillo, Venezuela. Email: hcoraspe@inia.gob.ve.

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

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

**** Investigador. Instituto Agronómico de Campinas (IAC), Brasil.

RESUMEN

La papa-semilla, *Solanum tuberosum* L., es considerada un factor fundamental para garantizar alta productividad y buena calidad del tubérculo en el cultivo de la papa. A pesar de su importancia y el gran número de estudios sobre el cultivo de la papa, en las condiciones tropicales, las investigaciones existentes sobre la nutrición mineral de la producción de papa-semilla de variedades para uso industrial, tanto en campo como en ambientes protegidos, son escasas. El sistema hidropónico de producción, ya consagrado en diversos cultivos, se muestra ventajoso para la producción de semillas pre-básicas de papa, pues aumenta la productividad, reduciendo los costos y eliminando cualquier riesgo de contaminación por patógenos de suelo. El objetivo general de la investigación fue estudiar el efecto de las interacciones de N y K usadas en solución nutritiva, sobre el desarrollo de las plantas y producción de papa semilla. El experimento fue instalado en invernadero, en las instalaciones del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Universidad de São Paulo (USP), Brasil. Se utilizó material *in vitro*, de la variedad "Atlantic". Los tratamientos de dosis de N y K evaluados fueron dispuestos en un arreglo en esquema factorial 5 x 5, con 5 dosis de N y 5 de K, usando el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Hubo interacción positiva entre nitrógeno y potasio, resultando en disminución en la pérdida de peso de los tubérculos después de período de almacenamiento. En la combinación de dosis de 12,65 mmol L⁻¹ de N y 7,03 mmol L⁻¹ de K se obtuvo el menor porcentaje de deshidratación.

Palabras Clave: *Solanum tuberosum* L.; nutrición mineral; solución nutritiva; arcilla expandida; semilla de papa.

SUMMARY

The potato-seed, *Solanum tuberosum* L., is considered a fundamental factor to guarantee high productivity and good tuber quality in the potato crop. In spite of their importance and the great number of studies on the potato crop, under tropical conditions, investigations on the mineral nutrition in potato-seed in varieties for industrial use, as much in field as in protected conditions, are scarce. The hydroponics system production, already consecrated in diverse crops, has been shown as an alternative for the production of potato pre-basic seeds, due to increases in the productivity, reduction of production costs, and elimination of contamination for soil pathogens. The objective of this research was to evaluate the effect of N and K interactions in nutritive solution, on the production of potato seed. The experiment was carried out in greenhouse, in the Center of Nuclear Energy in the Agriculture (CENA), University of São Paulo (USP), Brazil, and we used *in vitro* material of the "Atlantic" variety. Five doses of N and K in a factorial arrangement (5 x 5), were established in a complete randomized block design with three repetitions. There was positive interaction between nitrogen and potassium, which resulted in decrease of the loss of weight of tubers during the period of storage. With the combination of 12,65 and 7,03 mmol L⁻¹ of N and cause the K the lowest percentage of dehydration.

Key Words: *Solanum tuberosum* L.; Mineral Nutrition; Nutrient Solution; Expanded Clay; Potato Seed.

INTRODUCCIÓN

La papa-semilla, *Solanum tuberosum* L., es considerada un factor fundamental para garantizar alta productividad y buena cualidad del tubérculo en el cultivo de la papa. Aun cuando todas las otras condiciones sean favorables al cultivo, la siembra de papa-semilla de mala calidad puede comprometer la producción. Por lo tanto, la utilización de papa-semilla con buena sanidad, estado fisiológico y brotación adecuada, es fundamental para el éxito de la actividad (Furumoto y Lopes, 1997). El uso de material de propagación de alta calidad fitosanitaria es indispensable para la obtención de elevados rendimientos. Enfermedades transmisibles por semillas, como virosis y marchitez bacteriana, se constituyen en factores limitantes, ocasionando en muchas regiones elevadas pérdidas (Medeiros *et al.*, 2002).

Las características de cada variedad y su uso final -producción de semilla, consumo *in natura* o procesamiento- hacen una gran diferencia en el manejo del cultivo y en los rendimientos. A pesar de su importancia y el gran número de estudios sobre el cultivo de la papa, en las condiciones tropicales, las investigaciones existentes sobre la nutrición mineral de la producción de papa-semilla de variedades para uso industrial, tanto en campo como en ambientes protegidos, son escasas.

La papa-semilla categoría básica dejó de ser producida exclusivamente por los institutos de investigación y universidades, existiendo actualmente la producción comercial por agricultores especializados en ese segmento de la cadena productiva de la papa; los cuales utilizan tecnologías recientemente desarrolladas y materiales de siembra procedentes de cultivo de tejidos, obteniendo tubérculos-semilla con alta calidad sanitaria y fisiológica. Sin embargo, debido al poco tiempo de desarrollo de esa actividad comercial en el país, existen aspectos relacionados con el manejo de la nutrición mineral de la planta que deben ser mejor dilucidados para la optimización de la producción.

El uso de arcilla expandida como sustrato y la mejor comprensión de la nutrición de la papa iniciándose de plántulas producidas de cultivo de tejidos, son algunos aspectos que deben ser estudiados para alcanzar mayor eficiencia en estos sistemas de producción.

El sistema hidropónico de producción, ya consagrado en diversos cultivos, se muestra ventajoso para la producción de semilla pre-básica de papa, pues aumenta a productividad, reduciendo los costos y eliminando cualquier riesgo

de contaminación por patógenos de suelo (Medeiros y Silva, 1999).

La producción de papa-semilla de alta calidad pasa por el cultivo de tejidos y una o más generaciones de multiplicación en condiciones controladas, para preservar la calidad sanitaria de los tubérculos-semilla (Fiorezze, 1997). Para la multiplicación de tubérculos-semilla en que la finalidad es la producción comercial para posterior distribución a los productores, el cultivo hidropónico empleando sustratos es más adecuado, por razones de simplicidad operacional, costos más bajos y menor riesgo (Andriolo, 1999). En el caso de la papa el uso de sistemas hidropónicos en la producción de tubérculos-semilla es reciente, necesitando de una gama mayor de información.

El objetivo general de esta investigación fue estudiar el efecto de las interacciones de N y K usadas en solución nutritiva, sobre el desarrollo de las plantas y producción de papa semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en invernadero en el mes de abril de 2006 y evaluado hasta julio del mismo año, en las instalaciones del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Universidad de Sao Paulo (USP), Brasil. El estudio fue desarrollado en potes plásticos de 2,3 L de capacidad, transplantándose inicialmente cuatro plántulas por pote y dejadas dos, tres semanas después del transplante. El sustrato usado fue la arcilla expandida, colocándose 1,85 kg del sustrato por pote. En cada pote fue abierto en la parte inferior un orificio, en el cual se adaptó una manguera para drenaje de la solución nutritiva en recipiente colector con capacidad de 4,5 L.

Los tratamientos de dosis de N y K evaluados fueron dispuestos en un arreglo en esquema factorial 5 x 5, con 5 dosis de N y 5 de K, usando el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Detalles de los tratamientos son presentados en el Cuadro 1.

Durante la primera semana se utilizó una solución nutritiva diluida en 1/5 de la concentración usual. En este período, las irrigaciones fueron efectuadas diariamente, completando el pote con la solución nutritiva existente en el recipiente colector. Después de ese período inicial, las irrigaciones se efectuaron 2 veces por semana, completándose el recipiente colector de la solución nutritiva con agua desionizada, y esta solución aplicada en el pote hasta el sustrato quedar inmerso por un período de 10 minutos, en seguida se procedió al drenaje del pote.

CUADRO 1. Descripción de las dosis de N y K usadas en el experimento

Combinaciones de Dosis					
N1K1	N1K2	N1K3	N1K4	N1K5	
N2K1	N2K2	N2K3	N2K4	N2K5	
N3K1	N3K2	N3K3	N3K4	N3K5	
N4K1	N4K2	N4K3	N4K4	N4K5	
N5K1	N5K2	N5K3	N5K4	N5K5	
Dosis (1)					
N1	8,37	(-6,42)	K1	6,23	(IAC)
N2	10,51	(-4,28)	K2	6,74	(+0,51)
N3	12,65	(-2,14)	K3	7,25	(+1,02)
N4	14,79	(IAC)	K4	7,76	(+1,53)
N5	16,93	(+2,14)	K5	8,27	(+2,04)

⁽¹⁾ Los valores entre paréntesis con signo + o - indican, respectivamente, acrecimos o decrecimos en relación a la dosis usada por el IAC (testigo).

Durante la realización del experimento, la solución nutritiva fue renovada a cada 21 días, monitoreándose en la solución colectada el pH y la conductividad eléctrica (CE) para conocer y corregir el estado de la salinidad. La concentración de los nutrientes restantes se mantuvo de acuerdo con la composición de la solución usada por el Instituto Agronómico de Campiñas (IAC) tal como se aprecia en el Cuadro 2. En la preparación de los tratamientos se utilizó, además de las sales y fertilizantes que componen la solución del IAC (Cuadro 3), KCl, CaCl₂ y NH₄NO₃ para poder obtener las concentraciones deseadas de N y K.

Las plantas de los experimentos fueron asperjadas en 2 oportunidades, a los 25 y 50 días después de trasplante (DDT), con insecticida (Imidacloprid) para controlar infestación de pulgón (*Myzus persicae*) y con fungicida (Mancozeb) para control de enfermedades fúngicas foliares, principalmente la candelilla tardía (*Phytophthora infestans*). Fue usada la dosis recomendada por el fabricante.

Las plantas se cosecharon a los 85 DDT, separándose en parte aérea (PA) y tubérculos (TUB). El material fue debidamente identificado, acondicionado en bolsas de papel, secado en estufa a 60 °C por 72 horas, pesado en balanza de precisión para determinación de la materia

seca (MS) y luego molidas en molino tipo Willey. Se efectuó la determinación de concentración N y K, conforme metodología descrita por Malavolta *et al.*, (1997) y se calculó la acumulación de nutrientes. Los cálculos de acumulación de MS y de nutrientes fueron realizados para una planta por pote.

Al momento de la cosecha de las plantas, fueron separados 2 tubérculos-semilla por tratamiento para evaluar la pérdida de peso 5 meses después. Los tubérculos se almacenaron en bolsas de papel, manteniéndose éstas abiertas, bajo luz difusa y a temperatura ambiente.

CUADRO 2. Composición química de la solución nutritiva IAC.

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

CUADRO 3. Sales y fertilizantes usados en la preparación de la solución nutritiva del IAC, para 10³ L

Fertilizante o sal	Cantidad (g)
Sulfato de magnesio	240
Nitrato de calcio	1180
Nitrato de potasio	505
Fosfato monobásico de potasio	212
Tenso cocktail® (1)	15

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

Material vegetal

Se utilizaron plantas *in vitro*, de la categoría pre-básica de "Atlantic" producido por el laboratorio de cultivo de tejidos de la Sección de Raíces y Tubérculos del Centro de Horticultura del IAC, Campinas, SP, Brasil. Las plántulas fueron transportadas en potes plásticos cerrados, propios para el cultivo de tejidos, conteniendo medio nutritivo a base de Agar.

Análisis de los resultados

Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos, utilizándose el programa estadístico SAS - System for Windows 6.11 (SAS Inst., 1996). Se efectuó el análisis de la varianza y, de acuerdo con el nivel de significancia de la prueba F se procedió al estudio de regresión para los componentes de primer, segundo y tercer grado por el procedimiento GLM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación del pH y CE

Se observó que la variación del pH y de la CE en las soluciones nutritivas usadas para las diferentes combinaciones de dosis se mantuvo dentro de un rango de valores considerados como tolerable (Cuadro 4) por Furlani *et al.* (1999a,b).

Según estos autores, valores de pH entre 4,5 y 7,0 son tolerados sin ocasionar problemas al crecimiento de las plantas. Esta condición de pH, en el desarrollo de trabajos de producción o investigación en soluciones nutritivas se presenta como un factor fundamental de éxito o fracaso, ya que una gran parte de las soluciones nutritivas no presenta efecto buffer variando el pH continuamente, sin mantenerse dentro de un rango ideal.

En el experimento los valores iniciales fueron próximos a 5,5 y al final del período de cambio de la solución se mantuvieron alrededor de 6,50. Esto permite inferir que no hubo efecto perjudicial de estos factores. Entretanto, la CE que está relacionada con la salinidad en la solución nutritiva, varió al inicio del período entre 1500 y 1900 $\mu\text{S cm}^{-1}$, predominando valores próximos a 1700 $\mu\text{S cm}^{-1}$, mientras que al final alcanzó de 700 a 900 $\mu\text{S cm}^{-1}$. La disminución de la CE de la solución nutritiva era esperada debido a la adición de agua desionizada en el recipiente colector previo a la irrigación, ocasionando dilución en los componentes de la solución nutritiva.

CUADRO 4. Valores medios de pH y CE en las soluciones nutritivas al inicio y fin del período de reemplazo de solución.

Combinación de dosis	Solución Inicial		Solución Final	
	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
N1K1	5,76	1660	6,84	715
N2K1	5,77	1680	6,73	692
N3K1	5,66	1720	6,49	751
N4K1	5,59	1690	6,37	837
N5K1	5,18	1730	6,15	895
N1K2	5,85	1510	6,84	659
N2K2	5,68	1530	6,63	722
N3K2	5,61	1650	6,56	742
N4K2	5,72	1780	6,41	875
N5K2	5,69	1850	6,45	991
N1K3	5,77	1670	6,79	703
N2K3	5,75	1680	6,63	720
N3K3	5,72	1660	6,68	744
N4K3	5,41	1740	6,54	772
N5K3	5,47	1810	6,48	832
N1K4	5,66	1540	6,78	769
N2K4	5,62	1680	6,72	829
N3K4	5,51	1730	6,53	775
N4K4	5,55	1800	6,55	866
N5K4	5,41	1840	6,55	913
N1K5	5,53	1610	6,59	685
N2K5	5,49	1790	6,55	728
N3K5	5,54	1770	6,53	678
N4K5	5,38	1870	6,44	883
N5K5	5,58	1900	6,49	861

En experimentos con la fórmula 8-28-6, realizados por Feltrán (2005), en suelos Oxisols, obtuvo valores de 2,29 a 6,77 dS m^{-1} , atribuyendo principalmente al K y N la causa del aumento de la concentración salina en la solución del suelo, lo que consecuentemente aumenta la CE; y a la textura y humedad del suelo las variaciones de CE entre estos suelos. Como según Mass y Hoffman (1977) el potencial productivo de la papa es menor con valores de CE arriba de 1,7 dS m^{-1} , los valores iniciales pueden haber afectado la productividad de las plantas.

Producción de materia seca

En el trabajo la producción de MS de la parte aérea y de los tubérculos no fue afectada significativamente por el K y por las interacciones de N y K, aunque existen investigaciones de que la exportación de K en los tubérculos puede ser 1,5 veces mayor que la del N (Yorinori, 2003). Resultados semejantes fueron obtenidos por Reis Júnior y Monnerat (2001), quienes tampoco verificaron efecto de la fertilización con K en la producción de materia seca de tubérculos, aunque observaron aumento significativo de producción de materia fresca de tubérculo.

Los autores comentan que eso ocurrió posiblemente, porque el aumento de las dosis de K favoreció la acumulación de agua en los tubérculos. Como el potasio no hace parte de estructuras celulares conocidas, se especula que el aumento del tenor de K en los tejidos de los tubérculos (Reis Junior y Monnerat, 1997) redujo el potencial hídrico y favoreció la acumulación de agua en estos tejidos.

Por otro lado, Reis Júnior (1995) verificó que la aplicación de dosis crecientes de potasio en el cultivo de la papa aumentó la disponibilidad del nutrimento en el suelo y la cantidad de materia seca producida por las plantas.

La interacción entre N y K es reconocida hace mucho tiempo con relación a la producción de materia seca, producción de granos y calidad del producto cosechado (Macleod, 1969; Dibb y Thompson Junior, 1985) y aunque existan considerables evidencias que esa interacción mejore esos parámetros (Lee y Rudge, 1986; Rosolem, 2005; Viana, 2007) no hubo efecto positivo en este estudio.

En sus trabajos Westermann *et al.* (1994a), evaluando el efecto de la fertilización potásica y nitrogenada, observaron reducción de la MS y de la concentración de almidón en los tubérculos con esos 2 nutrimentos, atribuyendo la disminución causada por el K al incremento del contenido de agua en el tubérculo.

El K es importante para la translocación de azúcares y de síntesis de almidón (Reis Júnior y Fontes, 1996), afectando así la productividad y la calidad de los tubérculos (Westermann *et al.*, 1994a). Entretanto, hubo efecto aislado del N en la producción de MS de los tubérculos y de la parte aérea. Al graficar las curvas se observa que hubo un incremento significativo ($P \leq 0,01$) en la producción de MS de los tubérculos y de la PA con las dosis de N, ambas ajustándose al modelo lineal de regresión (Figuras 1 y 2).

A pesar de Magalhães (1985) haber observado que el N tendió a disminuir la materia seca de tubérculos, De La Morena *et al.* (1994), evaluando el efecto de ese macronutrimento en el crecimiento de variedades de papa, verificaron que el N aumentó la masa de los tubérculos. Resultados similares fueron observados por otros autores (Harris, 1978; Millar y Mackerron, 1986; Geary *et al.*, 2004).

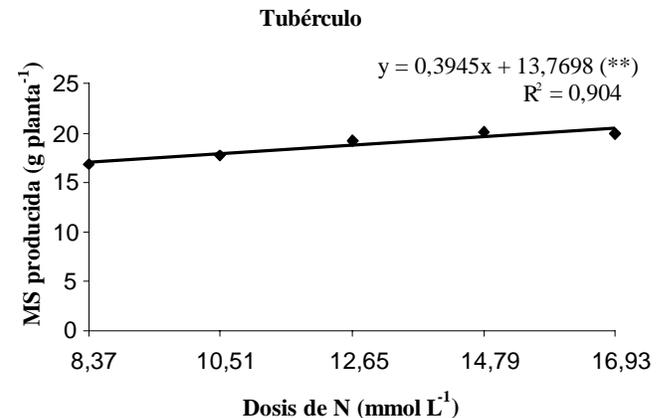


FIGURA 1. Materia seca producida del tubérculo de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N y K. **Significativo al 1% de probabilidad.

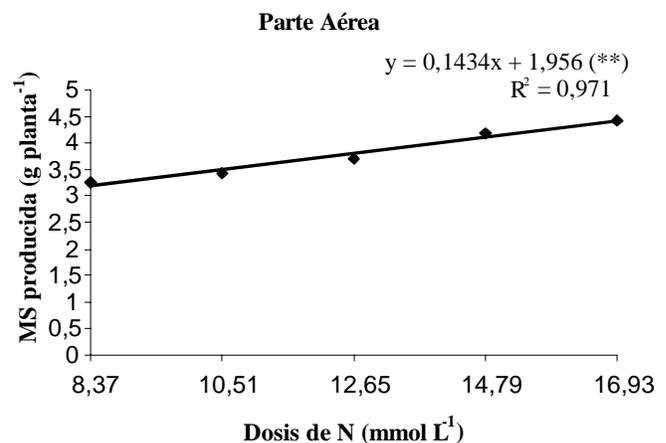


FIGURA 2. Materia seca producida de la parte aérea de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N y K. **Significativo al 1% de probabilidad.

Acumulación de nitrógeno y potasio

Con relación a la acumulación de N el análisis de la varianza no mostró diferencias significativas en las interacciones. Sin embargo, fue observada respuesta lineal y positiva ($P \leq 0,01$) de las dosis de nitrógeno en la acumulación de N en tubérculo y PA (Figuras 3 y 4). Viana (2007) observó interacción significativa para la acumulación de N en espigas de trigo, pero no obtuvo el mismo efecto al evaluar la interacción de N y K en las hojas y raíces de ese cultivo.

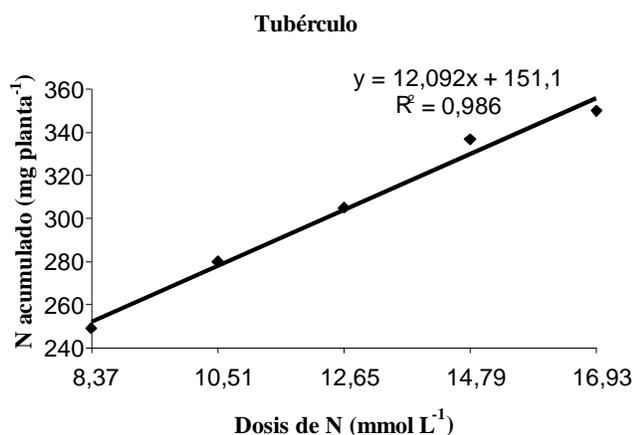


FIGURA 3. Nitrógeno acumulado en el tubérculo de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N. **Significativo al 1% de probabilidad.

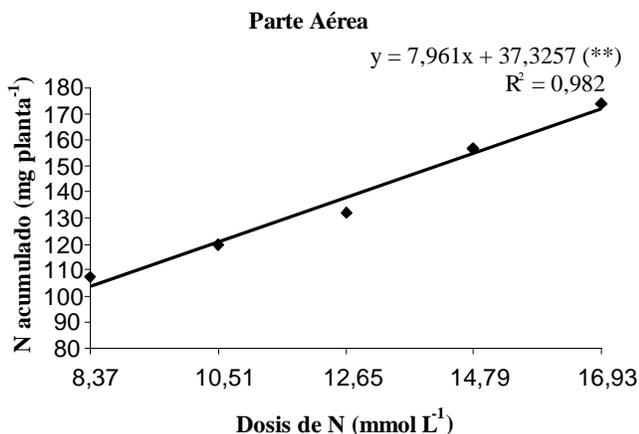


FIGURA 4. Nitrógeno acumulado en la parte aérea de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N. **Significativo al 1% de probabilidad.

Con el aumento de las dosis de N se verificó un aumento lineal del N tanto en los tubérculos como en la PA. La acumulación de N en los tubérculos aumentó con las dosis de N variando de 252,31 a 355,82 mg planta⁻¹, mientras que en la PA la variación fue menor, 103,92 a 172,11 mg planta⁻¹.

Viana (2007), cultivando plantas de trigo con combinaciones de N y K, también observó efecto lineal de las dosis de N en la acumulación de N en las hojas de las plantas.

Para la acumulación de K en los tubérculos y en la PA no se detectó significancia para las interacciones de N y K. Se observó el efecto aislado del K en la acumulación de este nutriente en los tubérculos y PA. Conforme se presenta en las Figuras 5 y 6, se notó mejor ajuste al modelo lineal de regresión para las dosis de K en los tubérculos ($P \leq 0,05$) y PA ($P \leq 0,01$). En la Figura 5 se verificó que aunque las dosis de K aplicadas en la solución nutritiva proporcionaron mayor acumulación de este nutriente en los tubérculos, los datos no se ajustaron adecuadamente (R^2 bajo) al modelo matemático testado (lineal).

Por su parte, Viana (2007) observó interacción significativa para la acumulación de K en espigas de trigo, pero no obtuvo el mismo efecto al evaluar la interacción de N y K en las hojas y raíces. Las dosis de K probadas en la solución nutritiva proporcionaron mayor acumulación de este nutriente en la PA, pero los datos no se ajustaron adecuadamente al modelo matemático (Figura 6).

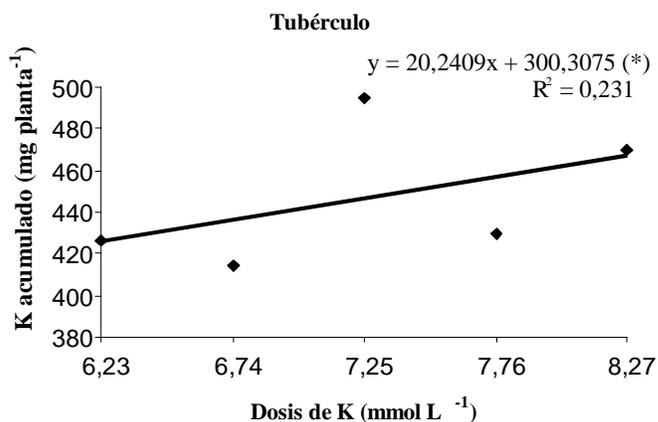


FIGURA 5. Potasio acumulado en tubérculo de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de K. *Significativo al 5% de probabilidad

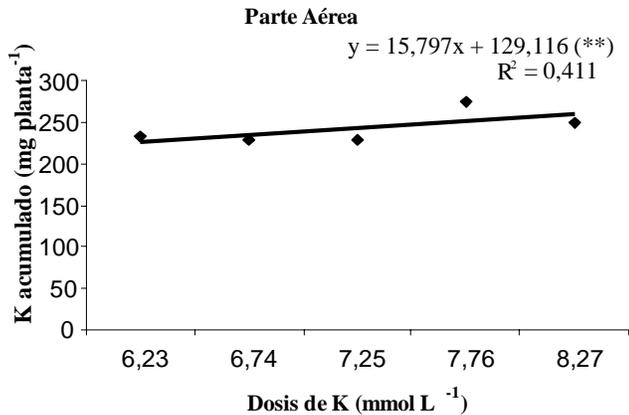


FIGURA 6. Potasio acumulado en PA de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de K. **Significativo al 1% de probabilidad.

Conforme presentando en la Figura 7, las dosis de N influenciaron significativamente ($P \leq 0,05$) la acumulación de K solamente en la PA y los datos se ajustaron al modelo cuadrático. Las dosis máximas de K evaluadas proporcionaron en los tubérculos la acumulación de 467,70 mg planta⁻¹ y en la PA 259,76 mg planta⁻¹. Las dosis de N registraron respuestas cuadráticas significativas ($P \leq 0,05$) para la acumulación de potasio apenas en la PA (Figura 7), con la mayor dosis evaluada la acumulación de potasio fue de 281,34 mg planta⁻¹ y en la dosis de referencia de 253,49 mg planta⁻¹.

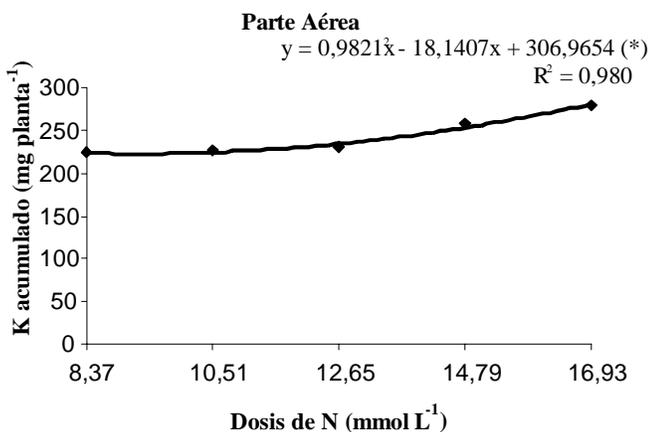


FIGURA 7. Potasio acumulado en PA de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N. *Significativo al 1% de probabilidad.

Pérdida de peso en tubérculo-semilla

La pérdida de peso en tubérculo-semilla fue evaluada por todas las interacciones de las combinaciones de dosis de N y K estudiadas en este experimento, seleccionándose los modelos de regresión polinomial que más se ajustasen a los datos obtenidos, haciendo esto para 'potasio dentro de nitrógeno' y 'nitrógeno dentro de potasio'.

Luego del desdoblamiento de las interacciones se verificó que sólo hubo significancia ($P \leq 0,01$) para la pérdida de peso en tubérculo en la dosis de 12,65 mmol L⁻¹ de N (N3) al ser estudiado el potasio dentro de nitrógeno, ajustándose al modelo cuadrático de regresión (Figura 8). Por la ecuación obtenida, se calculó el punto de mínimo, aconteciendo en la dosis de 7,03 mmol L⁻¹ de K correspondiendo a la deshidratación en el tubérculo-semilla de 37,16%.

Este porcentaje de pérdida de peso es inferior a lo que ocurriría usando en el ajuste matemático calculado, la dosis de potasio (6,23 mmol L⁻¹) empleada en la rutina de producción del IAC (40,34%). Lo que posibilita relacionar las interacciones benéficas de dosis del nitrógeno con el potasio en la turgencia del tubérculo, y pudiendo prever una mejoría en la calidad de los tubérculos-semilla después de cierto período de almacenamiento. Estos resultados permiten inferir que la combinación de la dosis de 12,65 mmol L⁻¹ de N con la de 7,03 mmol L⁻¹ de K podría ser usada para obtener tubérculos-semilla con mayor resistencia a la deshidratación.

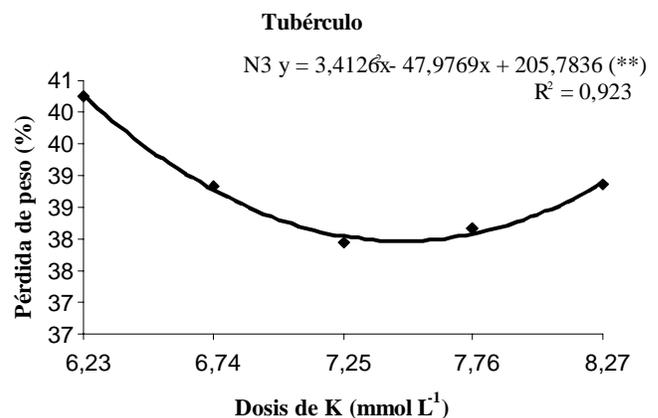


FIGURA 8. Pérdida de peso en tubérculos almacenados, en función de la interacción de dosis de N t K. **Significativo al 1% de probabilidad.

Es común entre productores semilleristas de papa en la región Sur y Sureste de Brasil, utilizar un sistema de producción semejante al del IAC. Es decir, uso de plántulas *in vitro*, cultivo bajo invernaderos, sustratos inorgánicos, producción de tubérculos sujetos a las normas de certificación y el uso de formulaciones con concentración de nutrimentos similares a las presentadas en el Cuadro 2. Por lo tanto, llegar a una mejor definición en la proporción de nutrimentos, como los estudiados aquí, contribuiría para elevar la calidad de los tubérculos-semilla de estos productores, principalmente en sistemas de producción de semilla pre-básicas que presentan como característica común reducida eficiencia, en razón de los bajos índices de multiplicación de tubérculos (Medeiros y Silva, 2002).

CONCLUSIONES

- La producción de materia seca y la acumulación de nitrógeno en los tubérculos y en la parte aérea fueron directamente relacionadas con las dosis de N en la solución nutritiva.
- La acumulación de potasio en la PA fue directamente relacionado con el suministro de nitrógeno y potasio, mientras que en los tubérculos apenas de K.
- Ocurrió interacción positiva entre nitrógeno y potasio, lo que resultó en disminución de pérdida de peso de los tubérculos después de período de almacenamiento. En la combinación de dosis de 12,65 mmol L⁻¹ de N y 7,03 mmol L⁻¹ de K se obtuvo el menor porcentaje de deshidratación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la empresa CINEXPAN por la donación de la arcilla expandida usada como sustrato.

BIBLIOGRAFÍA

- Andriolo, J. L. 1999. Fisiología das culturas protegidas. Santa Maria: UFSM. 142 p.
- De la Morena, I., A. Guillén and L. F. G. Del Moral, 1994. Yield development in potatoes as influenced by cultivar and the timing and level of nitrogen fertilization. *American Potato Journal*, Orono, 71(3):165-173.
- Dibb, D. W. and W. R. Thompson Junior. 1985. Interaction of potassium with other nutrients. **In:** MUNSON, R.D. (Ed.). Potassium in agriculture. Madison: ASA; CSSA; SSSA.
- Feltran, J. C. 2005. Adubação mineral na cultura da batata e do residual no feijoeiro. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. 124 p.
- Fiozze, C. 1997. Diagnóstico das regiões produtoras de batata do Rio Grande do Sul. **In:** Seminario de Atualização Na Cultura Da Batata, 1997, Santa Maria. Santa Maria: UFSM; EMATER. 13-25 p.
- Furlani, P. R., D. Bolonhesi, L. C. P. Silveira y V. Fanquin 1999a. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999a. (Boletim Técnico, 180). 52 p.
- Furlani, P. R., D. Bolonhesi, L. C. P. Silveira e V. Fanquin. 1999b. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 90-98.
- Furumoto, O. y C. A. Lopes. 1997. Batata-semente. **In:** Lopes, C. A.; Buso, J.A. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.) Brasília: EMBRAPA, 1997. p 10-15. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 8).
- Geary, B., J. Stark, S. Love, B. Hopkins, J. Ellsworth, D. Atkinson and J. Windes, 2004. Potato varietal responses to nitrogen rate and timing. *American Journal of Potato Research*, Orono, 81(1):60-61.
- Harris, P. M. 1978. Mineral nutrition. **In:** HARRIS, P.M. (Ed.) The potato crop: the scientific basis of improvement. London: Chapman & Hall. p. 195-243.
- Lee, R. B. and R. A. Rudge. 1986. Effects of nitrogen deficiency on the absorption of nitrate and ammonium by barley plants. *Annals of Botany*, London, 57:471-486.
- Macleod, L. B. 1969. Effects of N, P and K and their interactions on the yield and kernel weight of barley in hydroponic culture. *Agronomy Journal*, Madison, 61:26-29.
- Magalhães, J. R. 1985. Nutrição e adubação da batata. São Paulo: Nobel. 51 p.

- Malavolta, E., G. C. Vitti e S. A. Oliveira, 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos. 319 p.
- Mass, E. V. and G. V. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage*, Berlin, 103:1 150-1 334.
- Medeiros, C. A. B. e E. S. B. Silva. 1999. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistema de cultivo sem solo. *Horticultura Brasileira*, Brasília. 17(3):300.
- Medeiros, C. A. B., A. H. Ziemer, J. Daniels e A. S. Pereira, 2002. Produção de sementes pre-básicas de batata em sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20:110-114.
- Millar, P. and D. K. L. Mackerron, 1986. The effects of nitrogen application on growth and nitrogen distribution within the potato canopy. *Annals of Applied Biology*, New York, 109(2):427-437.
- Reis Junior, R. A. 1995. Produção, qualidade de tubérculos e teores de K no solo e no pecíolo da batateira em resposta a adubação potássica. Mestrado em Fitotecnia. Dissertação () - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 108 p.
- Reis Junior, R. A and P. C. R. Fontes, 1996. Qualidade de tubérculos da batateira em função e doses de adubação potássica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 14(2):170-174.
- Reis Junior, R. A. and P. H. Monnerat. 1997. Composição mineral de tubérculos de batata em função da adubação potássica: macronutrientes. *Actas de Horticultura*, Brasília, 16(3)355-362.
- Reis Junior, R. A. e P. H. Monnerat. 2001. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 19(3):227-231.
- Rosolem, C. A. 2005. Interação de potássio com outros íons. **In:** YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Inpofos; IIP, 239-256 p.
- SAS Institute. 1996. SAS/STAT: user's guide, version 6.11. 4th ed. Cary. 2: 842 p.
- Viana, E. M. 2007. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba. Dissertação - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 95 p.
- Westerman, D. T., D. W. James, T. A. Tindall and R. L. Hurst, 1994a. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes sugars and starch. *American Potato Journal*, Orono, 71 (7):433-453.
- Westermann, D. T., T. A. Tindall, D. W. James and T. R. L. Hurst. 1994b. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. *American Potato Journal*, Orono, 71:417-432.
- Yorinori, G. T. 2003. Curva de crescimento e acumulação de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'. 2003. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 66 p.

EVALUACIÓN DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA RADICAL DEL MAÍZ (HÍBRIDO INIA 68) CULTIVADO BAJO LABRANZA MÍNIMA Y CONVENCIONAL EN UN SUELO DE MARACAY, VENEZUELA¹

EVALUATION OF SOME CHARACTERISTICS OF THE ROOT SYSTEM OF MAIZE (HYBRID INIA 68) SOWED UNDER MINIMUM AND CONVENTIONAL TILLAGE IN A FLUVENTIC HAPLUSTOLL SOIL OF MARACAY, VENEZUELA¹

Rodolfo Delgado*, Luis Castro**, Evelyn Cabrera de Bisbal*, Félix San Vicente*, Manuel de Jesús Mújica***, Simón Canache***, Lesce Navarro**** e Ivon Noguera***

¹ Trabajo financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit), bajo el Proyecto G-2005000435.

*Investigadores, ***TAI, ****Ing. Agrónomo contratado INIA-CENIAP y **Estudiante Agronomía FAGRO-UCV.

E-mail: rdelgado@inia.gob.ve

RESUMEN

Las características del sistema radical relacionadas a la absorción de nutrimentos y agua, puede utilizarse en estrategias de manejo que incrementen la utilización de los mismos. En este estudio se evaluó, durante el ciclo del cultivo, la acumulación de materia seca radical (MS), y densidad radical (DR) del Híbrido de maíz INIA 68, cultivado bajo labranza mínima (LM) y convencional (LC) en un suelo Fluventic Haplustoll de Maracay, estado Aragua. La MS y DR se determinó en diferentes períodos del ciclo del cultivo hasta 50 cm de profundidad. Para estudiar la longitud radical (LR) se digitalizó las raíces y se procesaron usando el programa Delta-T Scan. Sólo se observó diferencias significativas en la DR, y MS entre horizontes del mismo sistema de labranza, y estas fueron más elevadas en los horizontes entre 0-10 cm en relación a otros horizontes: 93% de la MS se concentra entre 0-20 cm, y entre 50-80% justo debajo de la planta (0-5 cm). Entre 50,7 y 62,3% de la MS se acumula en el período de floración y llenado de grano. En LM la DR fue más elevada en el horizonte 0-5 cm *versus* 5-10 cm, mientras en LC no hubo diferencias. En los primeros 15 días, hubo crecimiento horizontal hasta los 37,5 cm en LM, mientras que en LC se notó a los 30 d, aunque en LC profundizó más rápidamente. En LC la LR se incrementó notoriamente entre los 45-60 d y en LM a los 60-75 d.

Palabras Clave: Densidad radical; masa radical; maíz; labranza; raíces.

SUMMARY

The characterization of the root growth of maize, *Zea mays* L., and characteristics related to water and nutrient uptake, could be used to development management practices to promote efficient use of them, and better yields. In this work we evaluated the accumulation of root dry matter (RDM), and root length density (RLD) of maize (Hybrid INIA 68), sowed under minimum (MT) and conventional tillage (CT) in a Fluventic Haplustoll soil of Maracay, Aragua State. There were significant differences in RLD and RDM among soil layers of the same tillage type, but not between MT and CT. The RLD and RDM there were higher in the 0-10 cm layers, that in the others soil layers: 93% of the RDM was found in the 0-20 layer, and between 50 to 80% there was found under the plant. We also found that between 50.7 and 62.3% of the total RDM was accumulated during the reproductive period (60-75 days). Under MT there was significantly more DMR in the 0-5 cm layer than in the 5-10 cm layer, while under CT there were not differences. During the firsts 15 days of the crop cycle, there was horizontal root growth until 37.5 cm in NT, while for CT that position was reached at 30 days, although under CT there was faster vertical growth than under NT. At the 45-60 and 60-75 days period there was an important root length growth for CT and MT respectively, which was probably associated to higher soil water content under MT than under CT.

Keys Words: Root length density; root mass; maize; tillage; roots.

RECIBIDO: agosto 13, 2008

ACEPTADO: septiembre 24, 2008

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del patrón de crecimiento del sistema radical del maíz, *Zea mays* L., y de características del mismo asociadas a la absorción de agua y nutrimentos (ej. densidad radical (DR), longitud radical (LR), diámetro radical, área radical, profundidad de enraizamiento), en diferentes condiciones de labranza, puede ser utilizado en el desarrollo de tecnologías o de mecanismos integrales (ej. Modelos de simulación), que permitan optimizar el uso del agua y nutrimentos disponibles en el suelo.

Ejemplo de la relación entre parámetros radicales y uso del agua del suelo, es presentado por Barraclough *et al.* (1989) quien relacionó la densidad de la LR al consumo de agua en diferentes horizontes del suelo.

Como ejemplos del establecimiento de prácticas de manejo asociadas al patrón de crecimiento de raíces, es sugerido por Brouder y Cassman (1990), quien, para el cultivo algodón, sugiere que, debido a que el sistema radical de este cultivo se concentra en el horizonte entre 10 y 20 cm, es allí donde se podría colocar el fertilizante. Mas aún, el conocimiento del patrón de crecimiento del sistema radical del maíz, asociado al volumen de suelo explorado, puede ser empleado para estimar la cantidad de agua de riego, y con ello calcular mejor la cantidad a ser aplicada.

Relacionado al impacto del tipo de labranza en la distribución y características del sistema radical, Salinas-García *et al.* (2001) y Ohep *et al.* (2002), destacan la acción del tipo de labranza en características físicas del suelo y en la relación suelo-aire-agua, y ello en la DR y el rendimiento del maíz. Ball-Coelho *et al.* (1998) observaron, en un estudio de tres años de la distribución de las raíces de maíz, que en el primer año, en el horizonte 15-30 cm, la DR tuvo una disminución de 4 km m^{-3} para la no-labranza con relación a la labranza convencional (LC) y en el segundo año, a los 10 cm de profundidad, la DR fue mayor en la no-labranza (17 km m^{-3}), que en LC (7 km m^{-3}), lo cual fue relacionado a una mayor Da a los 15 cm de profundidad en ZL que en LC.

Por otra parte, Varsa *et al.* (1997) observaron que la DR en el perfil del suelo estuvo influenciada por la profundidad de la labranza: en el segundo año del estudio observaron que por cada incremento en la profundidad de labranza resultó un incremento en la DR.

En sus trababajos, Qin *et al.* (2004) y Ball-Coelho *et al.* (1998) señalan que bajo ZL, y contrario a LC, se produce una estratificación de nutrimentos poco móviles como P

en el suelo, lo cual promueve una mayor DR de raíces en el horizonte más superficial.

En Venezuela se puede indicar que, aunque se han evaluado algunas características del sistema radical y el impacto de diferentes practicas de labranza (Alejos y Materán, 1986; Hernández, 1999; Marcano y Landínez, 1997; Nacci *et al.*, 1991; Ohep *et al.*, 2002), formas de colocación del fertilizante (Mier *et al.*, 1990), y características físicas del suelo (Núñez y Cabrera de Bisbal, 1999, 2002; Rojas (1983) en las mismas, no existe una evaluación exhaustiva o detallada del patrón de crecimiento del sistema radical durante el ciclo del cultivo, y del impacto de características del suelo en la misma, y que en la mayor parte de los casos sólo constituyen caracterización del sistema radical en un único estado de crecimiento del cultivo.

En este estudio se evaluó el patrón de crecimiento del sistema radical del maíz, y de algunas características del mismo asociadas a la absorción de nutrimentos (ejemplo: longitud, densidad y masa radical y agua del suelo), en el primer año de cultivo de maíz sembrado bajo labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC), en un suelo Fluventic Haplustoll ubicado en el Campo Experimental del CENIAP, Maracay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio experimental y del estudio general

El estudio se realizó en un suelo Fluventic Haplustoll, ubicado en el Campo experimental del CENIAP-INIA, Maracay, estado Aragua a $10^{\circ}17' \text{ N}$ y $67^{\circ}37' \text{ O}$, y una elevación de 460 m.s.n.m. El análisis de evaluación del patrón de desarrollo del sistema radical del maíz (Híbrido INIA 68), se efectuó en el tratamiento fertilizado de rotación maíz-rastrojo cultivado bajo LM y LC, de un experimento más complejo donde se evalúa el tipo de labranza (LM y LC), diferentes sistemas de producción de rotación de cultivos que incluyen maíz (maíz-frijol, maíz-soya y maíz-rastrojo): el estudio general consistió en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, donde las unidades experimentales fueron de $10 \times 10 \text{ m}$.

El maíz se sembró en hilos separados a 75 cm y a 20 cm entre plantas, donde la mitad de la unidad experimental se mantiene sin fertilizar, y la otra mitad se fertilizó al momento de la siembra con 120, 80, y 90 kg h^{-1} a de N, P, y K aplicados en banda a 8 cm de cada hilo, en la forma de Urea, Fosfato Diamónico y Cloruro de Potasio, respectivamente.

El estudio de caracterización del sistema radical, sólo se realizó en el área fertilizada de tres de las repeticiones del sistema de producción maíz-rastrojo y bajo LC y LM. En el Cuadro, se indica las principales propiedades físico-químicas del sitio experimental.

La textura se llevó a cabo por el método de Bouyoucos, el contenido de materia orgánica (MO) por el método de digestión húmeda con dicromato de potasio según Walkey y Black (Nelson y Sommers, 1982), la determinación de fósforo (P) y potasio (K) por bicarbonato de sodio (Olsen y Sommers, 1982) y Ca y Mg por el método de Morgan modificado utilizando NaOAc.

El pH fue ejecutado en una relación suelo/agua 1:2,5 por el método potenciométrico, y la conductividad eléctrica por el método conductimétrico (según procedimiento del Laboratorio de Análisis de Recursos Agroecológicos CENIAP-INIA, Gilabert *et al.*, 1990).

Durante el ciclo del cultivo se registro las principales características agro-climáticas (radiación solar, precipitación, temperaturas máximas y mínima del aire), medidas en el sitio experimental por la unidad de Agro climatología del Laboratorio de Recursos Agro ecológicos del CENIAP-INIA.

Determinación de la longitud y masa radical

En cada una de las 3 parcelas (repeticiones) de la rotación maíz-rastrojo en LM y LC, se escogió una planta representativa, realizándose muestreos de suelos para la obtención de raíces a los 15, 30, 45, 60, 75, y 90 d, a cuatro distancias: 1) sobre el eje de planta, 2) a media distancia entre plantas sobre el hilo de siembra (10 cm), 3) a 5 ó 8 cm al lado de la planta sobre la banda de fertilización y, 4) a media distancia entre hilos de siembra.

La profundidad de muestreo, en cada una de las distancias desde la planta fue de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm o hasta donde se observaron raíces. Las muestras de suelo se resguardaron en una cava refrigerada a - 7 °C, hasta que se separaron las raíces del suelo. La separación de raíces fue realizada mediante la dispersión del suelo con Hexametáfosfato de sodio al 0,5%, donde fueron separadas las raíces aplicándoles presión con agua de chorro en un tamiz de 250 micrómetros (Barley, 1955). Las raíces obtenidas en el tamiz se separaron de impurezas utilizando una pinza metálica, envasándose con etanol al 30% para mantenerse en cava a - 7 °C.

CUADRO. Principales características del suelo del estudio para el ensayo en maíz.

Tipo de Labranza	Prof. (cm)	Análisis Mecánico (%)			Clase textural	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	M.O. (%)	pH (1:2,5)	CE (ds/m)
		Arena	Limo	Arcilla								
LM	0-5	41	40	19	F	31	173	821	320	2,97	6,70	0,13
	5-10	41	39	20	F	25	127	774	291	2,23	6,86	0,08
	10-20	40	40	20	F	17	85	649	246	2,11	7,11	0,06
	20-30	49	36	15	F	14	63	851	300	1,94	7,49	0,05
	30-40	42	37	21	F	13	74	765	295	2,03	7,58	0,05
	40-50	40	38	22	F	8	66	819	342	1,35	5,38	0,03
LM	0-5	46	38	16	F	55	234	734	268	2,77	6,68	0,10
	5-10	47	34	19	F	35	136	727	257	2,00	6,69	0,07
	10-20	46	35	19	F	26	83	779	281	1,74	7,00	0,06
	20-30	45	34	21	F	19	70	821	291	1,65	7,30	0,05
	30-40	47	34	19	F	11	57	832	235	0,91	7,70	0,06
	40-50	55	29	16	Fa	5	36	660	227	0,40	7,89	0,10

Los valores son promedio por horizontes y tipo de labranza.

MO, P, K, Ca, Mg y CE es materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio y conductividad eléctrica.

La LR se determinó mediante el procedimiento descrito por Bouma *et al.* (2000), en el cual las raíces se colorean con violeta de metilo diluido en metanol, y se digitalizan. Las imágenes digitalizadas se procesaron usando el programa Delta-T Scan, para la estimación de la LR. La densidad de LR se expresó en longitud de las raíces (cm) contenidas en un cm^{-3} de suelo (cm cm^{-3}), y la determinación de la longitud total radical (LTR) estimada por planta, se calculó sumando la LR estimada en cada horizonte calculada, esta última, mediante la DR promedio de cada horizonte, y el volumen de suelo de cada horizonte (distancia entre plantas * distancia entre hilos * espesor del horizonte en cm). Una vez analizada la LR, las muestras se colocaron en estufa a 65 °C hasta peso constante para la determinación de materia seca (MS) radical.

Análisis de los resultados: Se realizaron los análisis de los resultados mediante el procedimiento Means, GLM Y Reg del programa SAS (1998), y se empleó la prueba de medias de Tukey ($\alpha= 10$), para establecer la significancia de diferencias entre éstas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de la Longitud Radical (LR)

En las Figuras 1 y 2 se indican la LTR estimada por planta, acumulada entre 0 y 50 cm del suelo, durante el ciclo del cultivo y la acumulación relativa de la misma en base al máximo observado en cada tipo de labranza. La LR estimada total por planta fluctuó entre 100-120 m planta^{-1} a los 15 días aproximadamente, y entre 642-480 m planta^{-1} al final del ciclo del cultivo, para LM y LC, respectivamente. Estos valores son inferiores a los estimados por Mengel y Barber (1974) quienes sañalaron valores de hasta 2 900-3 000 m planta^{-1} para el cultivo de maíz, e inferiores, pero en el mismo orden de magnitud, que los indicados por Ramírez (1991) para el híbrido PB-8. Por otra parte, en los diferentes muestreos durante el ciclo del cultivo, no se observó diferencias significativas en la LR entre LM y LC.

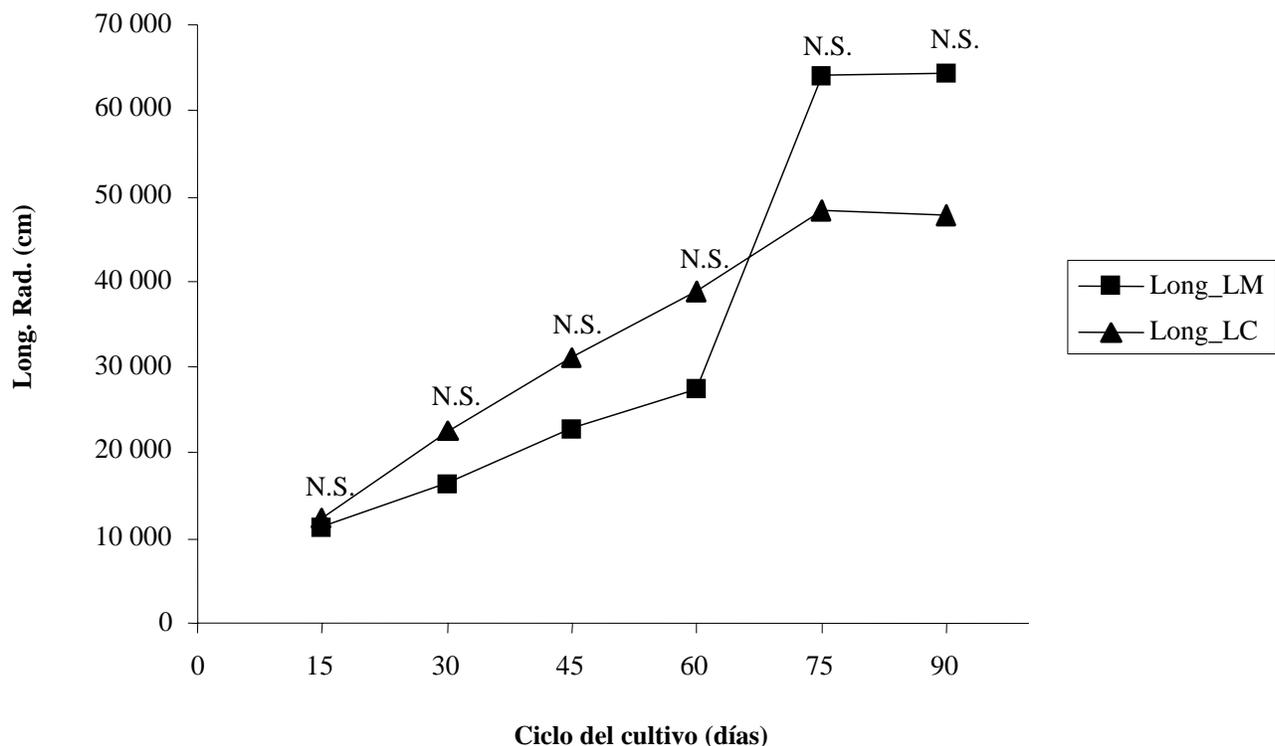


FIGURA 1. Longitud r adical total acumulada por planta, durante el ciclo del cultivo para labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC).

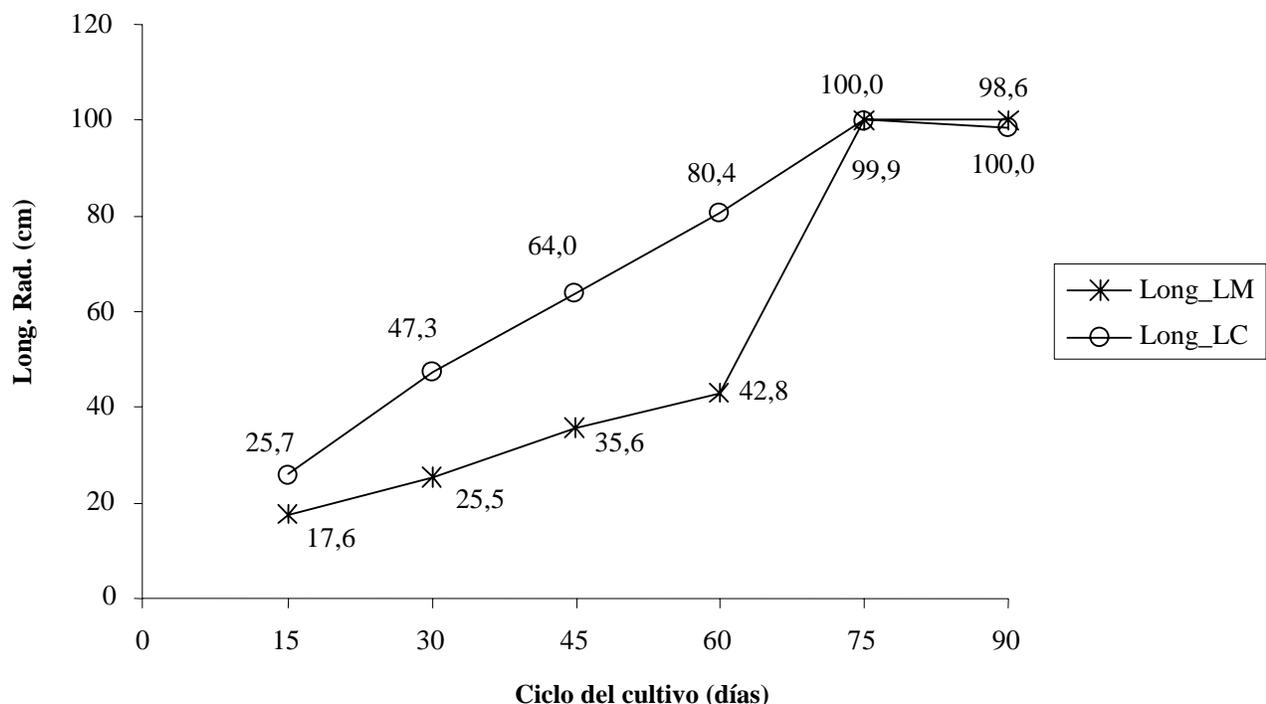


FIGURA 2. Acumulación Relativa de la Longitud Radical, durante el ciclo del cultivo, para labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC).

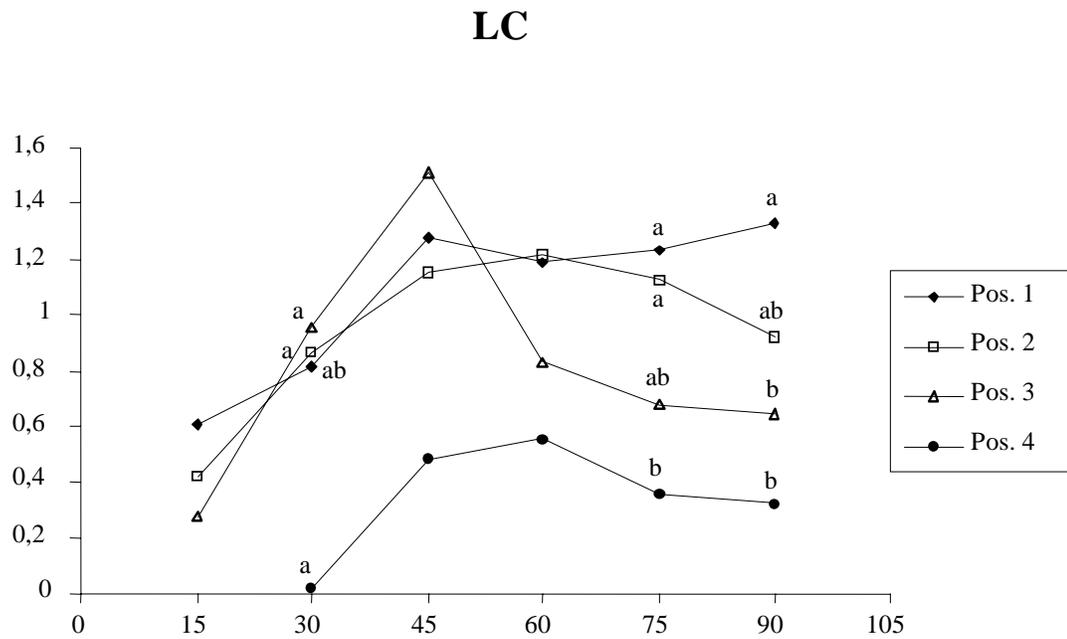
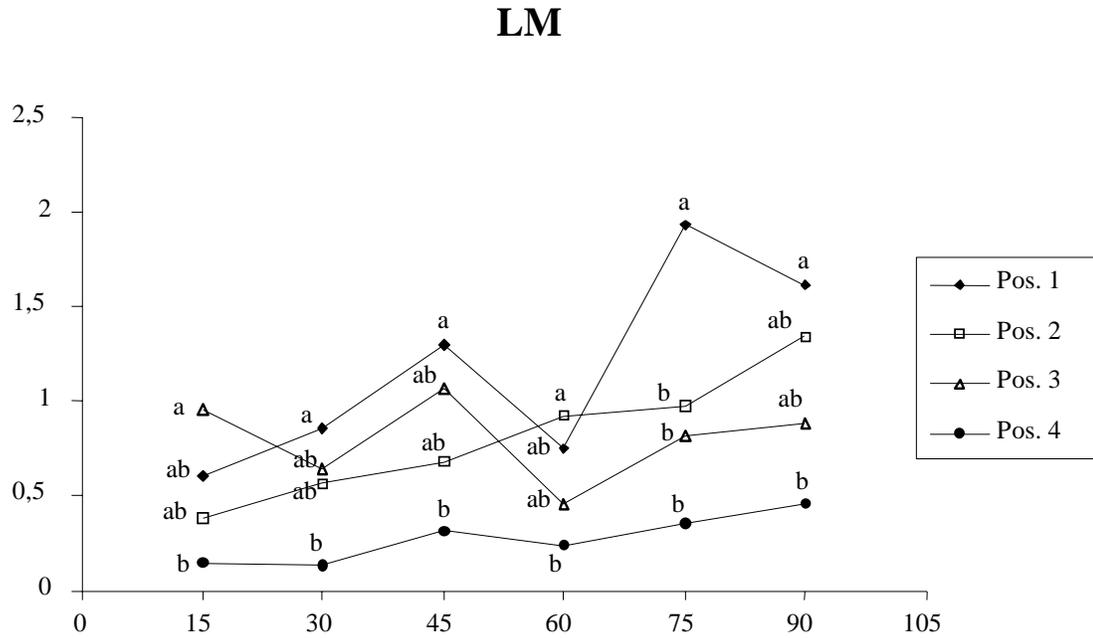
De la distribución relativa se observa que hasta los 60 d se había acumulado 42,8% de la longitud total en LM y 80,4% en LC. En LM la acumulada relativa se incrementa notablemente entre 60 y 75 d, acumulándose en ese período 57,1% de la LRT coincidiendo con el aumento en MS radical en ese tratamiento en ese período. Es posible que el déficit hídrico sea el factor que contribuye al comportamiento diferencial entre LM y LC. En este sentido, Delgado *et al.* (2008), demostraron en este mismo estudio que los 60 DDS el contenido de humedad gravimétrico en los diferentes horizontes entre 0 y 50 cm, fue mayor en LM, donde fluctuó entre 19,6 y 24,4%, que en LC fluctuó entre 12,3 y 19,7%.

Distribución de la Densidad Radical (DR)

En la Figura 3 se presenta la DR durante el ciclo del cultivo para cada posición desde la planta y en los diferentes horizontes del perfil del suelo (Figura 4) para LM y LC. En el primer caso (Desarrollo Horizontal) se observa que en LM las raíces alcanzan la distancia media entre hilos (posición 4) en los primeros 15 d, aunque la DR es baja, contrario a lo observado para LC donde las raíces alcanzan esta posición a los 30 d. Sin embargo, en ambos casos (LM y LC) la DR es más notoria en la

posición 4 a los 60 y 90 d donde alcanza valores de 0,46 y 0,55 cm cm^{-3} para LM y LC, respectivamente. Esta observación coincide con lo señalado por Ball-Coelho *et al.* (1998) quienes observaron bajo cero labranza, mayor longitud y masa radical horizontalmente que en LC.

El mayor desarrollo horizontal en LM pudo ser debido a la respuesta del sistema radical a una mayor D_a en los horizontes 0-5 y 5-10 cm en relación a LC para los mismos horizontes debido a la acción de la labranza: la D_a a los 60 d, aunque no representa la condición inmediatamente luego de la labranza al inicio del ciclo del cultivo, fue 1,64 y 1,74 g cc^{-1} para LM, y de 1,61 y 1,70 g cc^{-1} para LC en los horizontes 0-5 y 5-10 cm, respectivamente, como lo presenta Delgado *et al.* (2008) en este mismo experimento. Esto concuerda con lo indicado Núñez y Cabrera de Bisbal (1999) y García *et al.* (1988), quienes indican la respuesta del sistema radical a la presencia de capas compactadas o de mayor D_a . Así mismo Ball-Coelho *et al.* (1998) señalan que la D_a del suelo fue mayor en sistemas de no-labranza que bajo LC en los primeros 15 cm del perfil del suelo, y en cero labranza observaron mayor DR en los primeros 10 cm del perfil del suelo.

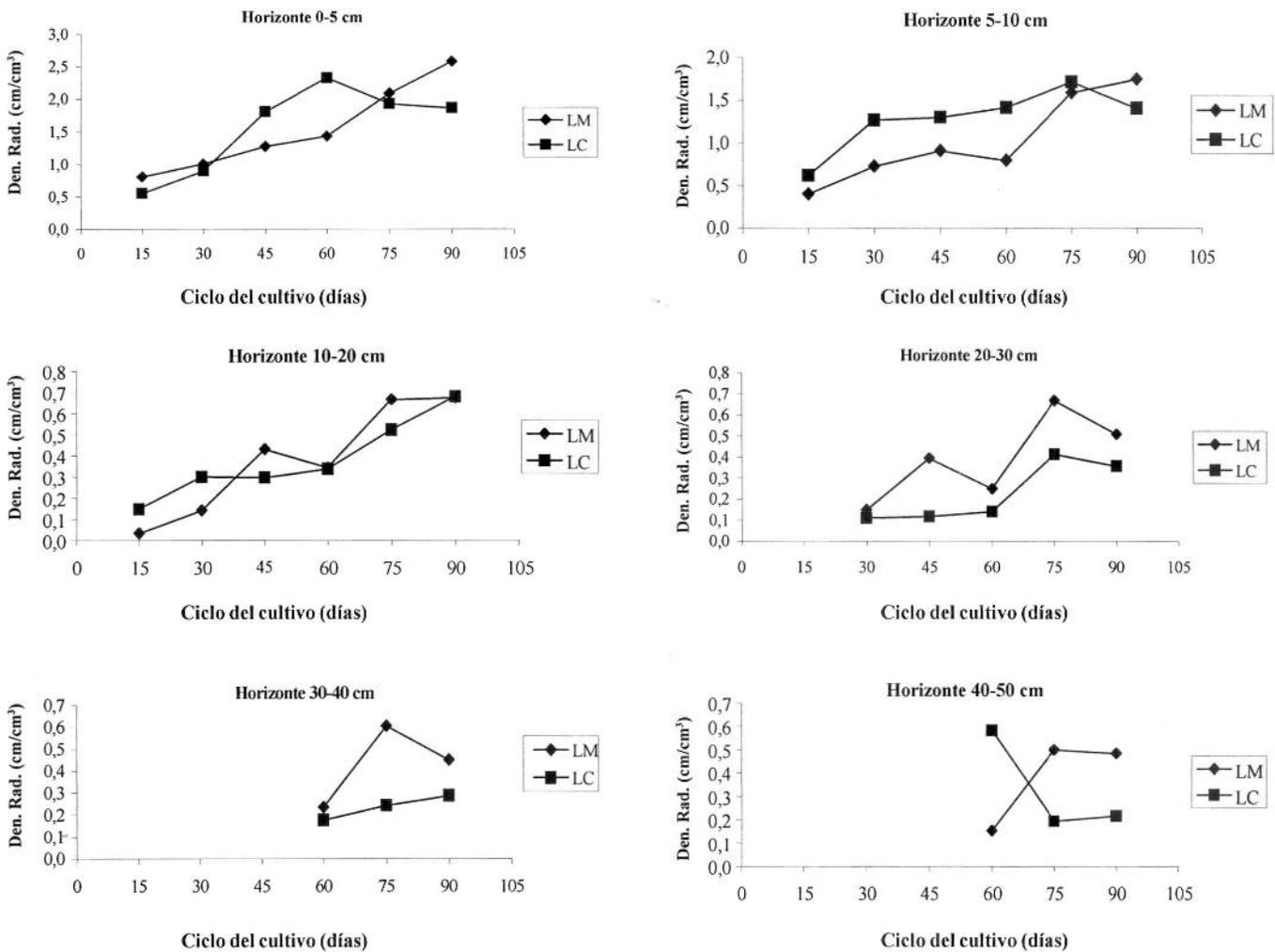


Los valores con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $\alpha= 10\%$) dentro de la misma época de muestreo.

FIGURA 3. Densidad Radical en el tiempo para cada posición desde la planta para labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC).

Comparando la DR durante el ciclo del cultivo entre posiciones en el mismo tipo de labranza, se observó que en LM normalmente solo existen diferencias significativas entre la posición 1, donde es mayor, y la posición 4, a los 30, 45, 75, y 90 DDS. En LC sólo se observó diferencias significativas entre la DR de la posición 1, donde fue normalmente mayor, y la posición 4 a los 75 y 90 d. Lo antes indicado sugiere que en LM aunque las raíces alcanzaron la posición 4 en los primeros 15 d, la DR normalmente es significativamente inferior que la observada en la posición 1. Mientras que en LC las pocas diferencias en DR entre posiciones, durante el ciclo del cultivo sugiere que la disminución de la Da del suelo, posiblemente permitió un desarrollo mas uniforme de la DR.

En la Figura 4 se presenta la evolución de la DR durante el ciclo del cultivo en los diferentes horizontes del suelo hasta 50 cm de profundidad, para LM y LC, promediado a través de posiciones. De manera general se puede señalar que aunque existen algunas diferencias significativas en la DR entre LM y LC en algunos de los horizontes del suelo, lo normal es que no se observa diferencias significativas en la mayor parte del ciclo del cultivo y horizontes. Comparando los dos sistemas de labranza se nota que hasta el horizonte de 30-40 cm las curvas tienen tendencia ascendente con el tiempo, mientras para la capa de 40 -50 cm en LC la DR disminuye abruptamente a los 75 d.



Indica diferencias estadísticamente significativas, para medias dentro de la misma época de muestreo (Tukey, $\alpha= 10\%$).

FIGURA 4. Distribución de la Densidad Radical durante el ciclo del cultivo en los diferentes horizontes del perfil del suelo en labranza mínima y labranza convencional.

Se nota que en los 3 primeros horizontes (0-5, 5-10, y 10-20 cm) hay presencia de raíces desde los 15 d, mientras en la capa de 20-30 cm la aparición de raíces es a partir de los 30 d en ambos sistemas de labranza y se alcanza las capas de 30-40 y 40-50 cm a los 60 d.

En LC el máximo desarrollo en DR se alcanzó a los 60, 75 y 90 d en los horizontes 0-5, 5-10 y 10-20 cm. Por el contrario, en LM el incremento en DR se observó de manera creciente hasta los 90 d en los horizontes 0-5, 5-10 y 10-20 cm, mientras que para los horizontes 20-30, 30-40, 40-50 cm el máximo de raíces se alcanzó a los 75 d con decrecimiento a los 90 d.

Lo antes indicado podría ser debido, aunque esto no se evaluó en este trabajo, a que en LM parte de los fotosintetizados que produce la planta luego de los 60 d, que coincide con la etapa de floración del cultivo, es derivada hacia el sistema radical, contrario a LC donde posiblemente debido a problemas derivados a un déficit hídrico, como se ha indicado previamente, una menor cantidad de fotosintetizados se dirige hacia la raíz, y posiblemente, parte de los nutrientes del sistema radical son orientados hacia la formación de grano. Esta variación y comportamiento de DR coincide con variación y comportamiento de MS radical como se indicará posteriormente.

En relación a las diferencias en DR entre LM y LC en los diversos horizontes, es notorio que en los horizontes 0-5 y 5-10 cm normalmente es mayor en LC, mientras que son similares en el horizonte 10-20 cm y se revierte la tendencia, mayor DR en LM que en LC en los horizontes 20-30, 30-40 y 40-50 cm. Lo antes indicado podía estar relacionado al hecho que en LC se alteraron las características físicas (ej. Da y macroporosidad) por la ruptura del suelo debido a la acción de la labranza, reduciendo la Da del suelo a valores entre 1,62 y 1,70 g cm⁻³, contrario a lo observado en LM en donde la Da varió entre 1,6 y 1,74 g cm⁻³ en los horizontes 0-5 y 5-10 cm, e incrementó de macroporosidad del suelo la cual cambió entre 19,3 y 14,5% para LC y 17,3 y 13,4% para LM, en los mismos horizontes a los 60 d después de la germinación, como lo indica Delgado *et al.*, (2008) en estudios de la relación entre propiedades físicas del suelo y características del sistema radical realizados en este mismo experimento.

Más aún la mayor densidad radical en LC, donde existe mayor macroporosidad, esta posiblemente asociado a raíces de mayor diámetro: el diámetro de raíces a los 75 d del ciclo del cultivo fue normalmente mayor en LC fluctuando entre 0,39 y 0,51 cm, mientras que en LM

fluctuó entre 0,37 y 0,44 cm (como lo indica Delgado *et al.*, 2008). Lo antes señalado coincide con lo mostrado por Ball-Coelho *et al.* (1998) quienes señalan que normalmente bajo LC se observa una menor Da y una mayor macroporosidad comparado a LM.

Para el caso de la exploración vertical se observa (Figura 4) que sólo a los 15 d hubo diferencia; bajo LM el sistema radical exploró hasta el horizonte 10-20 cm mientras que bajo LC el sistema radical alcanzó hasta el horizonte 20-30 cm. Luego de los 15 d el patrón de exploración vertical del suelo por el sistema radical fue similar en LM y LC: se mantuvo en el horizonte 20-30 cm hasta los 45 d y alcanzaron el horizonte 40-50 cm (máxima profundidad estudiada) a los 60 d. Posiblemente, la mayor velocidad de exploración del suelo al inicio del ciclo del cultivo en LC se correspondió a una mejor condición física del suelo debido a la labranza como se ha indicado.

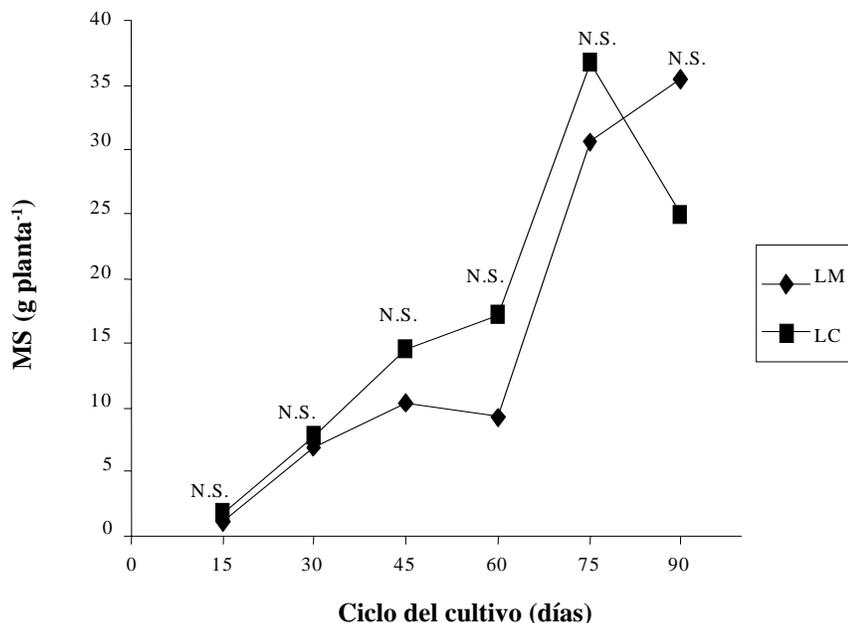
Distribución de la Materia Seca (MS)

En la Figura 5 se observa la dinámica en la acumulación de MS radical estimada en el perfil del suelo (0-50 cm) durante el ciclo del cultivo para LM y LC.

En general la MS radical por planta fluctuó entre 2,5 g planta⁻¹ a los 15 d hasta un rango 30-35 g planta⁻¹ a los 75 d para LC y LM, respectivamente en cada período. Entre LM y LC no se detectaron diferencias significativas en la cantidad de MS radical, lo cual coincide con lo indicado por Ball-Coelho (1998).

El incremento de MS hasta los 60 d es ligero, pero sostenido, no obstante, entre 60 y 75 d el incremento de MS radical ocurre de manera abrupta en los dos sistemas de labranza evaluados (LM y LC): este período de elevada acumulación de MS radical coincide con la etapa de floración y llenado de grano, que Delgado *et al.* (2004) describen como de elevada acumulación de MS aérea por el cultivo de maíz.

El análisis de la acumulación relativa de MS de raíces durante el ciclo del cultivo para LM y LC (data no mostrada), donde la cantidad relativa de MS en cada período se calculó dividiendo la MS de raíz acumulada en el perfil del suelo en cada muestreo, entre la MS de raíz del período donde la MS de raíces fue la más 25,9 y 49,3% de la MS total de raíces para LM y LC, respectivamente; siendo en el período de 60-75 d donde se destaca una acumulación de entre 62,3 y 50,7% de la MS total de raíces.



N.S. = Indica diferencias no significativas (Tukey, $\alpha= 10\%$) para datos dentro de la misma época de muestreo.

FIGURA 5. Acumulación de materia seca en el perfil del suelo, en raíces durante el ciclo del cultivo, para labranza mínima y labranza convencional.

En las Figuras 6 y 7 se presentan la distribución de MS de raíces en los diferentes horizontes del suelo para LM y LC durante el ciclo del cultivo, y la distribución relativa de la misma, respectivamente. En relación a la distribución de MS por horizontes y en los sistemas de labranza (Figura 6) en general, excepto a los 30 d en el horizonte 10-20 cm, a los 90 d en el horizonte 20-30 cm, y a 75 d en el horizonte 30-40 cm, no se observaron diferencias significativas entre LM y LC en los diferentes horizontes.

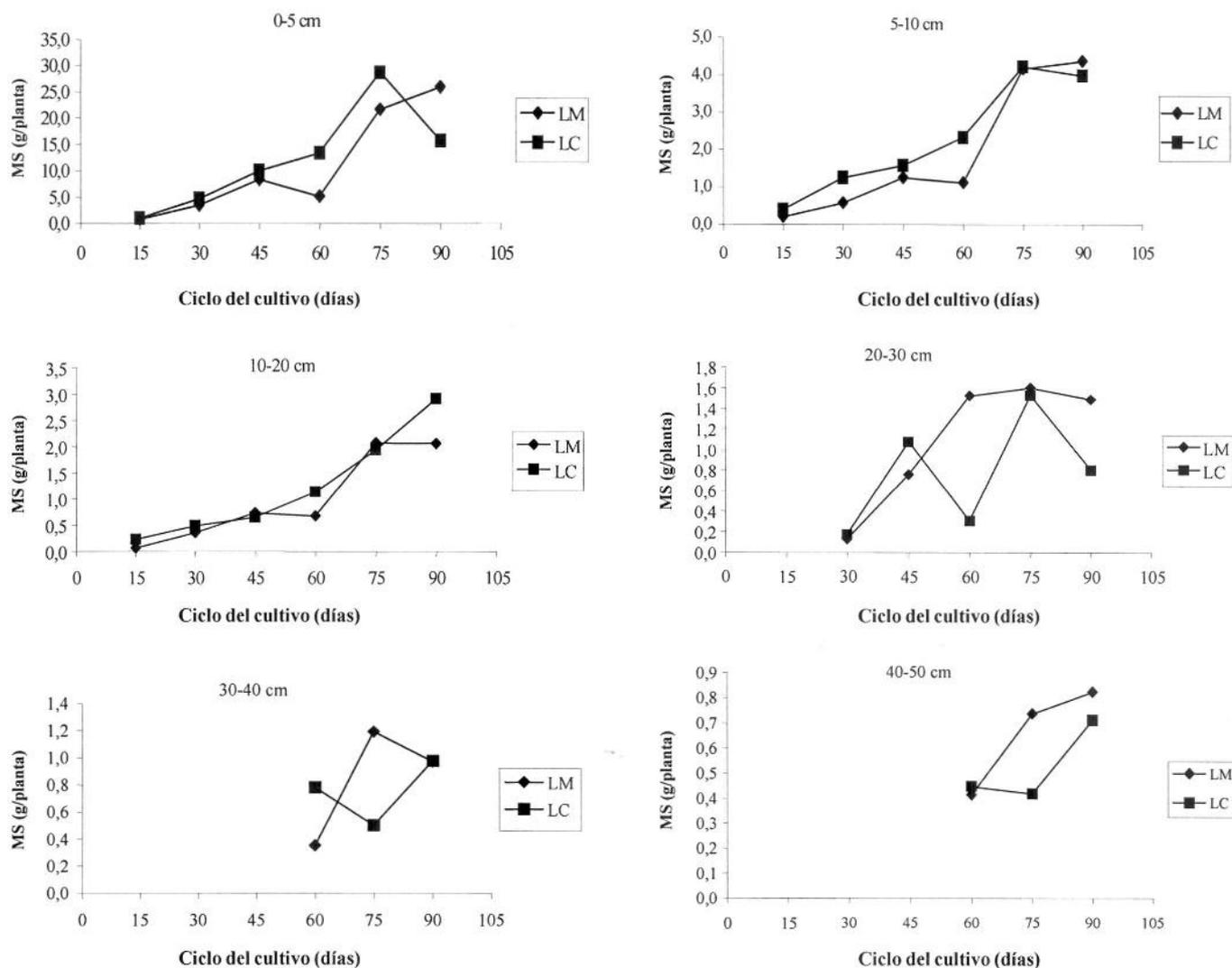
Del análisis de la distribución relativa de la MS acumulada en cada muestreo entre los diferentes horizontes del perfil del suelo, para LM y LC (Figura 7), se tiene que el 70% de MS se encontró en el horizonte 0-5 cm, 15% en el horizonte 5-10 cm y 7,5% en el horizonte 10-20 cm. Es decir, que en los primeros 20 cm del suelo se observa el 92,5% de la masa radical de raíces observadas en cada muestreo, lo cual está en el mismo orden de magnitud como lo señalado por Marcano y Landínez (1997), quienes encontraron que 82,5% de la masa radical se encuentra en los primeros 30 cm en los diferentes tratamientos por ellos evaluados.

Entre las diferentes posiciones desde la planta, en la posición 1 normalmente se encontró entre 80 y 50% de

la MS total de raíces, y en la posición 2 se encontró entre 40 y 10% de la MS de raíces, y la cantidad más baja de MS de raíces se observó en la distancia media entre hilos (37,5 cm) con menos del 5% de la MS de raíces en cada muestreo (datos no mostrados).

CONCLUSIONES

- Normalmente se percibió diferencias significativas entre la DR y MS radical cuando se compara entre capas y etapas del ciclo del cultivo del mismo tipo de labranza, pero normalmente no se observaron diferencias significativas entre las mismas variables cuando se comparan entre sí LC y LM. La DR más elevada se observó normalmente, durante el ciclo del cultivo, en los horizontes 0-5 y 5-10 cm en LM y LC.
- El impacto del tipo de labranza en la distribución horizontal y vertical del sistema radical, sólo se evidenció en los primeros 30 d: en LM la DR fue significativamente más elevada en los horizontes 0-5 cm que en el horizonte 5-10 cm, mientras que en LC la DR fue estadísticamente similar en estos horizontes.



* Indica que hay diferencias estadísticamente significativa en MS entre LM y LC entre horizontes para cada tratamiento (Tukey, $\alpha=10\%$)

FIGURA 6. Distribución de materia seca de raíces en los diferentes horizontes del perfil del suelo en labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC).

- En LM se evidenció desarrollo radical horizontal hasta los 37,5 cm en los primeros 15 d del ciclo del cultivo, mientras que en LC se mostró presencia de raíces a la misma distancia a los 30 d. Posiblemente diferencias en las características físicas del suelo, producto de los diferentes sistemas de labranza, son responsables por el comportamiento diferente en DR detectado en los sistemas de labranza evaluados.
- En las diferentes etapas del ciclo del cultivo, entre el 50 y 80% de la masa radical se observó directamente

debajo del eje de la planta, y 93% en los horizontes entre 0 y 20 cm (70% en el horizonte 0-5 cm). Así mismo, entre 50,7 y 62,3% de la MS total radical, se acumula en el período entre 60 y 75 d, el cual coincide con la etapa de floración y formación de grano.

- El patrón de acumulación de LR muestra algunas diferencias entre LM y LC. En LC la LR se incrementa marcadamente entre los 45-60 d; contrario a lo estudiado en LM donde ese incremento a los 60-75 d.

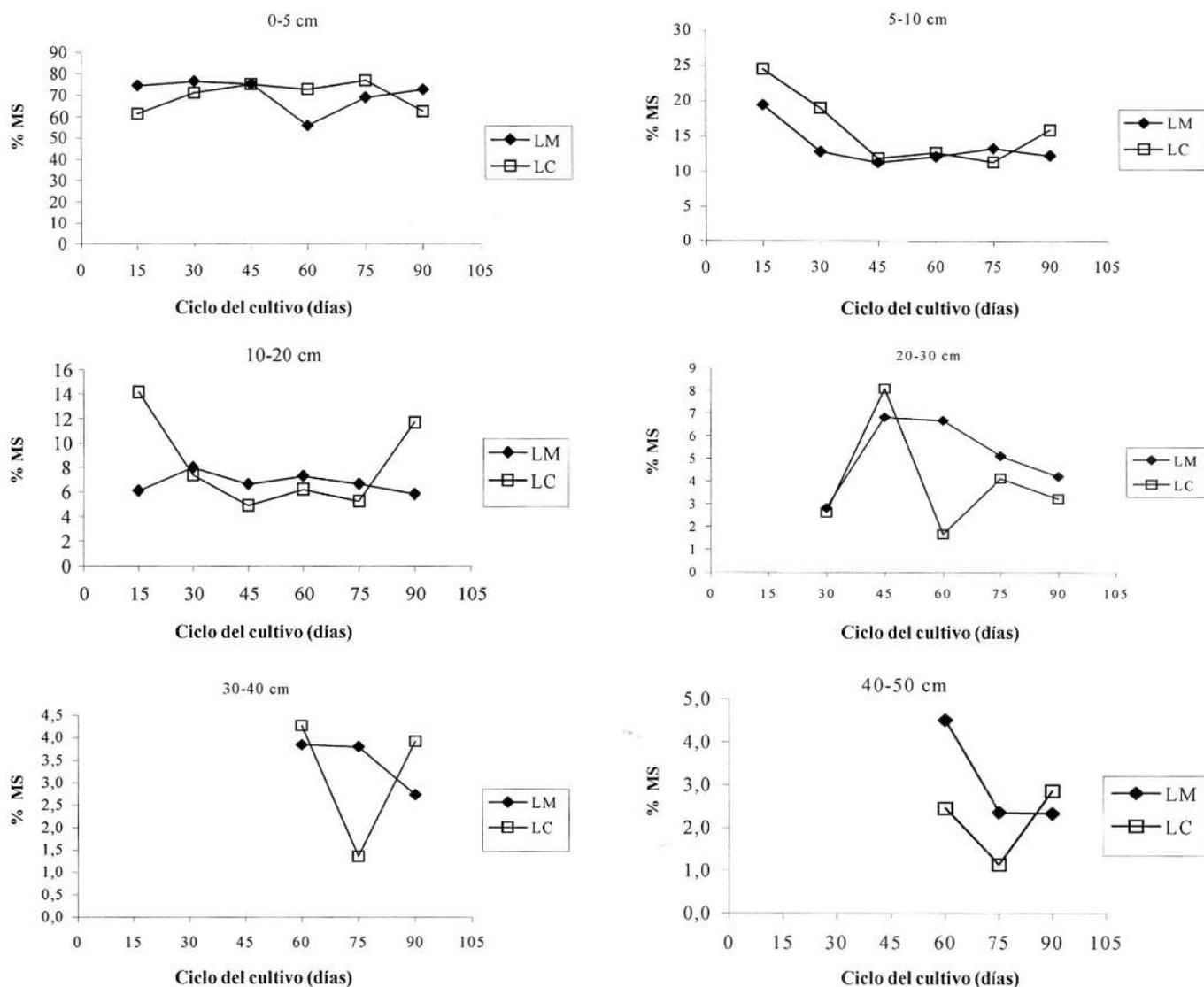


FIGURA 7. Distribución relativa de MS de raíces en el perfil durante el ciclo del cultivo para labranza mínima y labranza convencional.

BIBLIOGRAFÍA

Alejos, G. y M. Materán. 1986. Efecto de diferente labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, distribución radical y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) Tesis Pre-grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Venezuela.

Ball-Coelho, B. R., R. C. Roy and C. J. Swanton. 1998. Tillage alters corn root distribution in coarse - textured soil. *Soil and Tillage Research*. 45:237-249.

Barley, K. P. 1955. The configuration of the root system in relation to nutrient uptake. *Advances in Agronomy*. 22:159-197.

Barracough, P. B., H. Kuhlmann and A. H. Weir. 1989. The effects of prolonged drought and nitrogen fertilizer on root and shoot growth and water uptake by winter wheat. *J. Agronomy and crop sci.* 163:352-360.

- Bouma, T. J., K. L. Nielsen y B. Keutstaal. 2000. Protocolo de preparación de muestras y escaneo para análisis computarizado de la longitud radical y el diámetro radical. *Plant Soil* 218:185-196.
- Brouder, S. M. and K.G. Cassman. 1990. Root development of two cotton cultivars in relation to Potassium uptake and plant growth in a vermiculitic soil. *Field crops research* 23:187-203.
- Delgado, R., M. Núñez y L. Velásquez. 2004. Acumulación de materia seca, absorción de nitrógeno, fósforo y potasio por el maíz en diferentes condiciones de manejo de la fertilización nitrogenada. *Agronomía Trop.* 54(4):371-389.
- Delgado, R., L. Castro, E. Cabrera de Bisbal, M. de J. Mújica, S. Canache, L. Navarro e I. Noguera. 2008. Relación entre propiedades físicas del suelo y algunas características del sistema radical del maíz, cultivado en un suelo Fluventic Haplustoll de textura francoarenosa de Maracay, Venezuela. *Agronomía Trop.* 58 (4): En Prensa.
- García, F., R. M. Cruse y A. M. Blackmer. 1988. Compaction and nitrogen placement effect on root growth, water depletion and nitrogen uptake. *Soil Soc. Am. J.* 52:792-798.
- Gilabert, J., I. López y R. Pérez. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. CENIAP-INIA.
- Hernández, C. 1999. Establecimiento y dinámica de crecimiento del perfil radical del maíz (*Zea mays* L.) en un suelo Vertisol sometido a prácticas de labranza. Tesis Pre-grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Venezuela.
- Marcano, F. y N. Landínez. 1997. Labranza y sistemas de siembra para la producción del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un Aquic Ustropepts del estado Yaracuy. *Bioagro* 9(3):86-94.
- Mengel, D. B. y S. A. Barber. 1974. Development and Distribution of the Corn Root System Under Field Conditions. *Agron. J.* 66:341-344.
- Mier y Terán, J. F. y T. Quintana. 1990. Producción de biomasa, nutrición y desarrollo radical del maíz (*Zea mays* L.) bajo tres condiciones de aplicación del fertilizante al suelo. Tesis Pre-grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Venezuela.
- Nacci, S., E. Cabrera de Bisbal y J. Salazar. 1991. Efecto del método de labranza sobre las propiedades físicas de los suelos arenosos de las mesas orientales de Monagas. *Manual de Sistemas de Labranza para América Latina. Boletín de suelos de la FAO.* 66:164-174.
- Nelson, D. W. y L. E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. **In:** A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agron.* 9:539-579.
- Olsen, S. R. y L. E. Sommer. 1982. Phosphorus. **In:** A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agron.* 9:403-430.
- Núñez, M. C. y E. C. de Bisbal. 1999. Efecto de la Compactación del suelo sobre algunos parámetros morfológicos del desarrollo Radical del maíz. *Agronomía Trop.* 49(1):93-106.
- Núñez, M. C. y E. C. de Bisbal. 2002. Efecto de la compactación del suelo sobre el transporte de oxígeno dentro del sistema radical del maíz. *Agronomía Trop.* 52(3):197-207.
- Ohep, C., F. Marcano, S. Pudzzar y C. Colmenárez. 2002. Efectos de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento del maíz. *Bioagro* 14(1):37-45.
- Qin, R., P. Stamp and W. Richner. 2004. Impact of Tillage on Root Systems of Winter Wheat. *Agron. J.* 96(6):1.523-1.529.
- Ramírez, G. 1991. Determinación del patrón de crecimiento radical de dos híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) en un suelo de Maracay. Tesis Pre-grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Rojas, A. 1983. Efectos de la profundidad del horizonte compactado sobre el desarrollo, crecimiento radical y toma de nutrientes en las plantas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Pre-grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Venezuela.
- Salinas-García, J. R., A. D. Báez-González, M. Tiscareño-López and E. Rosales-Robles. 2001. Residue removal and tillage interaction effects on soil properties under rain-fed corn production in Central Mexico. *Soil y Tillage Research.* 59:67-79.

Statistical Analysis System. 1998. SAS/Stat User's guide. Version 7.0. Statistical analysis system Institute. Cary, NC. USA.

Varsa, E. C., S. K. Chong, J. O. Abolaji, D. A. Farquhar and F. J. Olsen. 1997. Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and production. *Soil y Tillage Research*. 43:219-228.

AGRONOMÍA TROPICAL

Volumen 58

ÍNDICE ACUMULATIVO

ÍNDICE DE AUTORES

ABLAN, M.
58(1):57-60

ACEVEDO, M. A.
58(2):101-110

ACEVEDO, M.
58(1):57-60

AGUIRRE R., J. R.
58(4):355-465

ALBA, A.
58(4):389-399

ALEJOS, G.
58(1):69-72

ALFONSO, N.
58(4):389-399

ÁLVAREZ, R. M.
58(2):101-110

ANDRADA, P.
58(3):267-276

ARNAIZ, J. P.
58(1):77-80

ARTEAGA, A.
58(1):31-34

AVILÁN, L.
58(2):181-191
58(4):349-354

BARRERA, H.
58(1):51-56

BARRETO, F.
58(1):31-34

BARRIOS, R.
58(1):31-34
58(2):155-162

BAZO, I.
58(3):215-221

BERLINGERI, C.
58(2):117-123

BERTOLACCINI, I.
58(3):267-276

BERTORELLI, M. V.
58(1):21-26

BOLÍVAR, A.
58(4):389-399

BRESSANINI, L.
58(1):61-64

BROSSARD F., M.
58(4):389-399

CABRERA B., E.
58(1):37-40
58(3):245-255
58(4):427-438

CABRERA P., S. R.
58(4):383-390

CALZADILLA, H.
58(1):31-34

CAMACHO, R.
58(3):207-213

CANICHE, S.
58(3):245-255
58(4):427-438

CARDONA, P.
58(2):193-196

CARETTA, A. I.
58(1):85-88

CARRERA, A.
58(1):27-30; 45-49

CARUSO, D.
58(2):193-196

CASAGRANDE, G. A.
58(1):77-80

CASANOVA, A.
58(3):207-213

CASTELLANO, G.
58(3):207-213

CASTRILLO, W. A.
58(2):101-110

CASTRO, L.
58(3):245-255
58(4):427-438

CICERO, A. R.
58(1):85-88

CHARCAS S. H.
58(4):355-365

CLOUIS, V. A.
58(1):81-84

CORASPE L., H. M.
58(4):415-423

CORTEZ, A.
58(1):37-40

D'AUBETERRE, R.
58(1):17-20

DE CAMACARO, M. P.
58(1):17-20

DE LA CASA A.
58(1):61-64

DELGADO, M.
58(2):175-180

DELGADO, N.
58(2):101-110

DELGADO, R.
58(3):245-255
58(4):427-438

DO PRADO, G. N.
58(4):417-425

DURAND, D.
58(4):403-407

DURÁN G., H. M.
58(4):355-365

ESCOBEDO, J. F.
58(1):81-84

FARIÑAS, J.
58(1):31-34

FERNÁNDEZ, L. M. E.
58(1):65-68

FIGUEROA, R.
58(3):299-307
58(3):309-319

FLORENTINO, A.
58(2):155-162

FRANZINI, V. I.
58(4):417-425

GABRIELS, D.
58(3):277-287

GARCÍA, A.
58(4):409-416

GARCÍA, J.
58(2):163-173

GARCÍA M., P. J.
58(4):383-390

GARCÍA P.
58(1):69-72

GARCÍA P. J.
58(2):101-110

GIL, R.
58(1):27-30

GIRALDO, V. H.
58(2):111-116

GONZÁLEZ, C.
58(3):207-213

GONZÁLEZ, W.
58(1):45-49

GRATEROL, I.
58(2):111-116

HERNÁNDEZ, J. A.
58(4):335-343

HERRERA, L.
58(4):341-356

IBARRA, J.
58(1): 61-64

IZARRAGA T., R. M.
58(2):111-116

LACRUZ, L.
58(4):403-407

LOBO, D.
58(3):227-287

LÓPEZ, M.
58(3):215-221
58(4):391-401

LOZADA, B.
58(1):51-56

LOZADA G., B. I.
58(2):141-153

MAFFEI, M.
58(3):257-265

MALAGON, D.
58(2).125-140

MANUEL, V.
58(2):193-196

MARCANO, L.
58(1):11-16

MARÍN, C.
58(2):181-191
58(3):223-232

MARK, D.
58(1):27-30

MARTÍNEZ, J.
58(1):61-64

MARTÍNEZ, V. R.
58(4):391-401

MATERANO, W.
58(3):257-265

MATHEUS, M.
58(3):207-213

MATURET, W.
58(1):69-72

MAURIELLO, M. F.
58(2):111-116

MENDOZA, C.
58(2):111-116

MIRANDA, R.
58(3):299-307; 309-319

MONASTERIO, P.
58(1):69-72

MONTILLA, R.
58(4):403-407

MONTOYA A, M. A.
58(3):223-232

MORELL, P. F.
58(4):335-343

MORENO O, J.
58(2):101-110

MÚJICA, M. de J.
58(3): 245-255
58(4):427-438

MURAOKA, T.
58(4):417-425

MURPHY, G.
58(1):65-68

NAVARRO L.
58(3):245-255
58(4):427-438

NAVAS M., I.
58(2):101-110

NOGUERA, I.
58(3):245-255
58(4):427-438

NOGUERO, N.
58(3):207-213

OBALLOS, J.
58(2):125-140
58(4):369-382

OCHOA G., R.
58(2):125-140
58(4):369-382

OROPEZA, J.
58(3):289-297
58(4):345-350

ORTÍZ, D. A.
58(2):175-180
58(3):299-307

OVALLES, F. A.
58(1):37-40; 45-49

OVANDO, G.
58(1):61-64

PACHECO, D. E.
58(4):409-416

PARRA, R.
58(1):11-16

PARRA, R. M.
58(1):45-49

PAVONE, R. A.
58(4):341-356

PEREIRA, A. H.
58(4):391-401

PÉREZ, A.
58(1):69-72
58(2):101-110

PÉREZ, A. I.
58(3):223-232

PEREZ C., A. A.
58(4):357-367

PEREZ, M.
58(2):101-110

PÉREZ, M.
58(2):181-191

PÉREZ P., M. M.
58(2):111-116

PÉREZ, T.
58(2):117-123

PIRE, R.
58(1):73-76

QUAINO, O.
58(3):267-276

QUIJADA, O.
58(3):207-213

QUINTERO, I.
58(3):257-265

RAMÓN M., M. C.
58(2):111-116

RAMIS, C.
58(3):299-307; 309-319

RENGIFO, R.
58(1):21-26

REY, J. C.
58(1):37-40; 45-49

REYES, E.
58(2):101-110

RIBEIRO DA, A. C.
58(1):81-84

RIGOBERTO, A.
58(1):57-60

RIVERO, D.
58(3):277-287

RODRÍGUEZ, A.
58(1):69-72

- RODRÍGUEZ, L.
58(1):69-72
- RODRÍGUEZ, M.
58(2):181-191
- RODRÍGUEZ, M. F.
58(1):37-40; 45-49
- RODRÍGUEZ, N.
58(3):277-287
- RODRÍGUEZ, N.
58(3):223-232
- RODRÍGUEZ, R.
58(1):73-76
- ROJAS, T.
58(2):193-196
- RUSSIÁN, T.
58(3):289-297
58(4):345-350
- RUÍZ, J.
58(2):181-191
- SALAZAR, M.
58(2):101-110
- SAN V., F.
58(4):427-438
- SÁNCHEZ, G. A.
58(1):41-43
- SÁNCHEZ, J. J.
58(4):383-390
- SENTELHES, P. C.
58(2):141-153
- SINDONI, M.
58(1):11-16
- SOTO, E.
58(2):181-191
- TABLANTE, J.
58(1):69-72
- TERÁN, Y.
58(1):17-20
- TORO, M.
58(3):215-221
- TORREALBA, G. J.
58(2):101-110
- TORRES, D.
58(3):233-243; 277-287
- TORRES, E. A.
58(2):101-110
- TORRES, O. J.
58(2):101-110
- TORTOLERO, M. K.
58(1):65-68
- TUA, D.
58(1):41-43
58(3):233-243
- VALERA, A.
58(3):257-265
- VARGAS, M. P.
58(1):57-60
- VERGARA, G. T.
58(1):77-80
- WARNOCK, R.
58(2):163-173
- YENDIS, H.
58(3):277-287
- YUNCOSA, N.
58(2):117-123
- ZAMBRANO, C.
58(2):175-180
- ZAMBRANO, Y.
58(3):257-265
- ZAMORA, F.
58(1):41-43
58(3):233-243; 277-287

ÍNDICE DE TÍTULOS

Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas.
58(1):27-30

Asociación entre las características varietales y el daño ocasionado por el taladrador de la caña de azúcar, en el Estado Portuguesa, Venezuela.
58(2):111-116

Caracterización agroclimática de las sequías (1970-2005), en 3 localidades de la provincia de la Pampa, Argentina.
58(1):77-80

Caracterización de ultisoles en la cuenca del río Capaz Mérida-Venezuela.
58(4):367-380

Caracterización física y química del fruto de cardón de dato de los municipios Torres y Jiménez, Estado Lara, Venezuela.
58(1):17-20

Caracterización morfológica de la semilla y productividad en una población F_2 obtenida del cruce natural entre un cultivar de arroz y un arroz rojo (Parte II).
58(3):309-319

Caracterización morfológica de una población F_2 obtenida del cruce natural entre un cultivar de arroz y un arroz rojo (Parte I).
58(3):299-307

Caracterización postcosecha del apio criollo cultivado en el municipio Tovar, estado Mérida-Venezuela.
58(4):407-414

Construcción y análisis de modelos empíricos para la estimación de la evaporación en Venezuela.
58(1):45-49

Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento.
58(4):335-343

Desarrollo y productividad de cultivares de mango injertados sobre el patrón Sinamaica en la planicie de Maracaibo.
58(3):207-213

Distribución espacial del índice de disponibilidad de humedad mensual en el estado Táchira, Venezuela.
58(1):51-56

Distribución geográfica de *Melanoloma viatrix* Hendel (Diptera: Richardiidae) en Trujillo, Venezuela.
58(4):403-407

Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos.
58(4):391-401

Efecto de franjas marginales en la atracción de Coccinellidae y Syrphidae, depredadores de áfidos en trigo, en la zona central de la provincia de Santa Fe, Argentina.
58(3):267-276

Efecto del despuntado, poda y Paclobutrazol, sobre la brotación vegetativa y reproductiva de cuatro cultivares de mango.
58(4):351-356

Efecto del escaldado y la adición de preservativos sobre la calidad de la pulpa de mango tipo 'Bocado' almacenada bajo refrigeración.
58(3):257-265

Efecto del sombreado artificial sobre el establecimiento de leguminosas promisorias como cobertura en palma aceitera en el estado Monagas.
58(1):31-34

Efecto del vermicompost, sobre el crecimiento, en vivero de la naranja 'Criolla' sobre tres patrones.
58(3):289-297

Efectos de un acondicionador sintético (Terracotten®) y un acondicionador orgánico (Bocaschi) sobre la eficiencia del uso del agua en el cultivo del pimentón.
58(3):277-287

Estimación de la evapotranspiración de referencia por Penman-Monteith (FAO-56) con radiación neta medida por diferentes sensores.
58(1):81-84

Estudios de aceptación de harinas derivadas de merey para la elaboración de panes.
58(1):11-16

Evaluación biométrica de variedades de papa en la zona alta del estado Falcón, Venezuela.

58(1):41-43

Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los llanos centroccidentales de Venezuela.

58(2):101-110

Evaluación de algunas características del sistema radical del maíz (híbrido INIA 68) cultivado bajo labranza mínima y convencional en un suelo de Maracay, Venezuela.

58(4): 427-438

Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa.

58(3):233-243

Evaluación de cinco leguminosas en barbecho mejorado para el control de malezas en las planicies del río Motatán, estado Trujillo, Venezuela.

58(2):117-123

Evaluación, en vivero, de tres patrones para el desarrollo de la naranja 'Criolla' en el sector Macanillas-Curimagua.

58(4): 345-350

Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela.

58(4):381-388

Evapotranspiración diaria del tomate determinada mediante un lisímetro de pesada.

58(1):73-76

Identificación de descriptores morfológicos relevantes para la distinción de variedades y líneas élites de arroz venezolano con fines de protección intelectual.

58(3):223-232

El índice de área foliar en papa estimado a partir de la cobertura del follaje.

58(1):61-64

Índice de riesgo sistémico de heladas (IRiSH).

58(1):65-68

Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: caso híbridos blancos.

58(1):69-72

Influencia del material parental y del bioclima en la pedogénesis de la cuenca media alta del río Motatán.

Mérida-Trujillo, Venezuela.

58(2):125-140

Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista.

58(3):215-221

Modelos de estimación de las temperaturas promedio de la mínima, máxima y media diaria para la región andina de Venezuela.

58(2):141-153

Nitrógeno y potasio en solución nutritiva para la producción de tubérculos-semilla de papa.

58(4):415-423

Poblaciones de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour). W. D. Clayton con resistencia cruzada al foramsulfuron + iodosulfurom.

58(2):175-180

Primer registro para Venezuela de *Puccinia hemerocallidis* Thüm, la roya del lirio de la mañana.

58(2):193-196

Producción de maíz, para elote en la región de Rioverde. San Luis Potosí, México.

58(4):357-367

Producción masiva de *Trichogramma* spp; en Anzoátegui, Venezuela y su importancia como alternativa ecológica en el control de plagas.

58(1):21-26

Productividad del mango en una población de alta densidad durante el periodo de plena producción.

58(2):181-191

Propiedades hidráulicas de dos suelos subirrigados cultivados con palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela.

58(2):155-162

Propuesta metodológica para el control de calidad de datos de precipitación.

58(1):57-60

Relación entre propiedades físicas del suelo y algunas características del sistema radical del maíz, cultivado en un suelo Fluventic Haplustoll de textura franco arenosa de Maracay, Venezuela.
58(3):245-255

Sistema para la identificación de fenología en variedades determinadas e indeterminadas de caraota.
58(2):163-173

Uso de marcha sintética de temperatura para estimar horas de frío en tiempo real.
58(1):85-88

Variación geográfica en el impacto del ambiente climático en el sector agrícola en Venezuela.
58(1):37-40

ÍNDICE DE MATERIAS

- Abonos
* Biofertilizantes
58(3):215-221
- Abonos NK
* Nitrato de potasio
** Nitratos
58(4):351-356
- Abonos verdes
* Abonos orgánicos
58(3):215-221; 233-243
- Accidentes atmosféricos
58(1):65-68
- Acidez
* Propiedades fisicoquímicas
58(1):17-20
58(4):345-350
- Ácido asorbico
58(1):11-16
- Acrisoles
* Tipos genéticos del suelo
58(2):25-140; 155-162
58(4):335-343; 369-382
- Aegilops
58(1):65-68
- Agricultura Tradicional
* Tecnología tradicional
58(4):357-367
- Altitud
* Factores climáticos
58(2):175-180
- Anacardium occidentale*
58(1):11-16
- Análisis insumo-producto
* Métodos Estadísticos
** *Oryza Sativa*
58(3):309-319
- Aphididae
* Aphidoidea
58(3):267-276
- Apio
* *Arracacha xanthorriza*
58(4):409-416
- Aplicación de abono
58(3):233-243
- Arachis*
* *Arachis pintoi*
58(1):31-34
- Arachis pintoi*
* *Arachis*
58(4):31-34
- Arcilla
58(4):369-382
- Arena
* Suelo Arenoso
58(3):309-319
- Argentina
58(1):77-80
- Argentina
* Zona central de la provincia de Santa Fe
58(3):267-276
- Arracacha xanthorriza*
* Apio
58(4):409-416
- Arroz
* *Oryza sativa*
58(2):101-110
58(3):223-232; 299-307; 309-319
- Axonopus compressus*
* *Axonopus*
58(2):175-180
- Azúcares reductores
58(4):409-416
- Balance de energía
58(1):81-84
- Balance Hídrico
* Evapotranspiración
58(2):141-153

ÍNDICE DE MATERIAS

- Banco de genes
 * Colección de material genético
 * Germoplasma
 58(2):111-116
- Barquisimeto
 * Lara
 * Venezuela (República Bolivariana de)
 58(1):17-20
- Biodiversidad
 58(3):267-276
- Biofertilizantes
 * Abonos
 * *Zea mays*
 58(3):215-221
 58(4):391-401
- Biomasa
 58(3):277-287
- Bosque Húmedo
 58(1):41-43
- Bosque Tropical
 58(4):351-356
- Brassica campestris*
 * Plantas oleaginosas
 58(3):267-276
- Brassicaceae
 58(3):267-276
- Brotos
 58(4):351-356
- Calabacín
 58(4):357-367
- Calidad
 * Propiedades fisicoquímicas
 * *Mangifera indica*
 58(3):257-265
- Cambio climático
 * Clima
 58(1):37-40; 57-60; 65-68
- Capsicum annuum*
 * Pimentón
 ** Capsicum
- ** Chili dulce
 58(3):277-287
 58(4):357-367
- Caña de azúcar
 * *Sacharum*
 58(2):111-116
- Ciencias del suelo
 * Clasificación de suelos
 58(2):125-140
- Cereales
 * Arroz
 58(2):101-110
- Citrus sinensis*
 * Naranja Dulce
 58(3):289-297
 58(4):345-350
- Citrus volkameriana*
 58(4):345-350
- Clasificación de suelos
 * Ciencias del suelo
 58(2):125-140
- Clima
 58(1):57-60; 65-68
- Coccinela
 58(3):267-276
- Coccinellidae
 * Coccinela
 58(3):267-276
- Coctaceae
 58(1):17-20
- Colecciones de material genético
 * Germoplasma
 ** Banco de genes
 58(2):111-116
- Compactación del suelo
 58(2):155-162
- Compatibilidad del injerto
 58(3):207-213; 289-297
 58(4):345-350

- Contenido de agua en el suelo
 * Humedad
 58(1):17-20
 58(4):427-439
- Control de calidad
 58(1):57-60
- Control de enfermedades
 * Maíz
 ** *Zea mays*
 58(4):383-390
- Control de plagas
 58(1):21-26
- Cría masiva
 58(1):21-26
- Crotalaria
 * *Crotalaria juncea*
 58(2):125-140
- Crotalaria juncea*
 * Crotalaria
 58(2):117-123
- Cultivos
 * Poda
 58(1):27-30; 37-40; 61-64; 65-68; 85-88
 58(2):181-191
 58(3):233-243
 58(4):351-356
- Cultivo de grano
 * *Phaseolus vulgaris*
 ** Frijol (*Phaseolus*)
 58(2):163-173
- Cynara cardunculus*
 58(1):17-20
- Daños por la helada
 * Helada
 58(1):65-68
- Datos atmosféricos
 * Datos climáticos
 58(1):65-68
- Datos climatológicos
 * Datos atmosféricos
 58(1):57-60
- Degradación
 58(3):233-243
- Densidad del suelo
 58(4):335-343
- Derecho sobre producto cruzamiento
 * *Oryza sativa*
 58(3):223-232
- Desmodium
 * *Desmodium ovalitolum*
 58(1):31-34
- Desmodium ovalitolum*
 * Desmodium
 58(1):31-34
- Diatraea*
 58(2):11-116
- Diseño experimental
 58(1):41-43
- Disponibilidad del agua
 * Humedad
 ** Precipitaciones atmosféricas
 58(1):51-56
- Distribución espacial
 58(1):45-49; 51-56
 58(2):141-153
- Distribución geográfica
 58(2):193-196
 58(4):403-407
- Elaeis guineensis*
 * Palmas oleaginosas
 58(2):155-162
- Energía
 58(1):81-84
- Enfermedades de las plantas
 58(4):383-390
- Ensayo
 58(1):65-68
- Ensayo biológico
 58(2):175-180
- Escaldado
 58(3):257-265

ÍNDICE DE MATERIAS

Escarda
* Maleza
58(2):117-123

Espaciamiento
* Cultivo
** Manejo de cultivo
58(1):61-64
58(2):117-123

Estaciones metereológicas
58(1):85-88
58(2):141-153

Estado Falcón
* Municipio Federación
** Venezuela (República Bolivariana de)

Evaluación de tierras
58(1):37-40
58(3):233-243

Evaporación
58(1):45-49; 51-56; 61-64; 69-72

Evapotranspiración
* Evaporación
** Lisímetros
** Zona de evapotraspiración
58(1):51-56; 61-64; 69-72; 73-76; 81-84
58(2):141-153

Factores ambientales
58(3):223-232

Factores climáticos
* Altitud
58(2):141-153

Fonología
* Clima
58(1):65-68; 73-76
58(2):163-173

Fertilidad
58(2):101-110

Fertilidad del suelo
58(4):391-401

Flora microbiana
58(3):215-221

Floración
* Floración indica
** Vernalización
58(4):351-356

Floración indica
* Floración
** Vernalización
58(4):351-356

Frijol
* *Phaseolus vulgaris*
** Cultivo de grano
58(2):163-173

Frutales
58(1):11-16

Fruticultura
58(1):85-88

Fructificación
58(3):207-213

Génesis del suelo
* Tipos genéticos del suelo
58(2):125-140

Germoplasma
* Colecciones de materiales genéticos
** Banco de genes
58(2):111-116

Helada
* Daños por la helada
58(1):65-68

Hemerocallis
* Liliaceae
58(2):193-196

Híbridos
* *Zea maíz*
** Maíz
** Arroz
58(4):427-439

Hortalizas
* Tomate
58(1):73-76

Horticultura
58(2):101-110

ÍNDICE DE MATERIAS

Humedad
58(1):51-56; 69-72

Humedad relativa
58(1):21-26

Humus
* Materia orgánica
58(2):125-140

Huéspedes
* Plagas
58(1):21-26

Impacto ambiental
58(4):335-343

Inhibidores del crecimiento
* Paclobutrazol
58(2):181-191

Injerto
* Compactibilidad del injerto
** *Citrus sinensis*
58(3):289-297

Inoculación
58(4):391-401

Insectos dañinos del tallo
58(2):111-116

Instrumentos de mediación
58(1):81-84

Intestación
58(2):111-116

Lara
* Barquisimeto
** Venezuela (República Bolivariana de)
58(1):17-20

Leguminosas
58(2):117-123

Liliaceae
* *Hemerocallis*
58(2):193-196

Lisímetros
58(1):73-76

Llanuras
* Tierras bajas
** Meseta
58(1):57-60

Lycopersicon esculentum
58(1):73-76

Maíz
* *Zea mays*
58(1):69-72
58(2):175-180
58(3):245-255
58(4):357-367; 383-390; 391-401; 427-439

Maleza
* Escarda
58(2):117-123; 175-180

Manchas
* Enfermedades de las plantas
58(4):383-390

Manejo de cultivo
* Espaciamiento
58(2):117-123

Manejo de suelos
58(4):335-343

Mangifera indica
* Mango
58(1):27-30
58(2):181-191
58(3):207-213; 257-265

Mango
* *Mangifera indica*
58(1):27-30
58(2):181-191
58(3):207-213; 257-265

Maracaibo
* Venezuela (República Bolivariana de)
58(3):207-213

Maracay
* Venezuela República Bolivariana de)
58(3):245-255
58(4):427-439

Materia Orgánica
58(1):41-43

- Materia orgánica del suelo
 * Humus
 58(2):125-140
- Material orgánico de cobertura
 58(1):61-64
- Melanoloma
 58(4):403-407
- Mercados
 * Mercados mundiales
 58(1):27-30
- Mercados mundiales
 * Mercados
 58(1):27-30
- Merey
 58(1):11-16
- Meseta
 58(1):57-60
- Metodología
 * Ensayo
 ** Métodos
 58(1):65-68; 85-88
- Métodos
 58(1):65-68
- Métodos estadísticos
 * Análisis insumo-producto
 58(3):309-319
- Microclima
 58(2):125-140
- Microorganismos del suelo
 58(4):335-343
- Modelos
 58(1):77-80
- Modelos de simulación
 * Simulación
 58(2):163-173
- Monagas
 * Venezuela (República Bolivariana de)
 58(1):27-30; 31-34
 58(2):155-162
- Morfología
 58(3):299-307; 309-319
 58(4):351-356
- Motatán
 * Trujillo
 ** Venezuela (República Bolivariana de)
 58(2):117-123; 125-140
- Mucuna
 * *Mucuna aterrimum*
 * *Mucuna pruriens*
 58(2):117-123
- Mucuna aterrimum*
 * Mucuna
 58(2):117-123
- Mucuna pruriens*
 * Mucuna
 58(2):117-123
- Municipio Federación
 * Estado Falcón
 ** Venezuela (República Bolivariana de)
 58(3):233-243
- Naranja Dulce
 * *Citrus sinensis*
 58(3):289-297
 58(4):345-350
- Nicosulfuron
 58(2):175-180
- Nitratos
 * Nitrato de potasio
 ** Abonos NK
 58(4):351-356
- Nitrato de potasio
 * Nitratos
 ** Abono NK
 58(4):351-356
- Normalización
 58(1):81-84
- Oryza sativa*
 * Arroz
 ** Morfología
 *** Variedades
 58(2):101-110
 58(3):223-232; 299-307; 309-319

- Paclbutrazol
 * Inhibidores del crecimiento
 58(2):181-191
 58(4):351-356
- Palmas oleaginosas
 * *Elaeis guineensis*
 58(2):155-162
- Papa
 * *Solanum tuberosum*
 58(1):41-43; 61-64
 58(3):233-243
 58(4):417-425
- Peso
 58(3):207-213
- Pimentón
 * *Capsicum annuum*
 58(3):277-287
- Phaseolus vulgaris*
 * Cultivo de grano
 ** Frijol
 58(2):163-173
- Plagas
 * Huespedes
 58(1):21-26
- Plantas oleaginosas
 * *Brassica campestris*
 58(3):267-276
- Plantas para patrón
 * Portainjertos
 ** Compatibilidad del injerto
 *** *Mangifera indica*
 58(3):289-297
- Poda
 * *Mangifera indica*
 ** Cultivo
 58(2):181-191
 58(4):351-356
- Polillas
 * Tortricidae
 58(1):21-26
- Portainjertos
 * Compatibilidad del injerto
 ** *Mangifera indica*
 *** Plantas para patrón
- 58(3):207-213; 289-297
 58(4):345-350
- Portuguesa
 * Venezuela (República Bolivariana de)
 58(4):383-390
- Potencial
 * Producción
 58(1):41-43
- Precipitación atmosférica
 * Condiciones atmosférica
 ** Humedad
 58(1):51-56
- Producción
 * Potencial
 58(1):41-43
- Productividad
 * Cultivares productividad
 58(3):207-213; 309-319
- Propiedades Fisiológicas
 * Acidez
 ** Calidad
 *** *Mangifera indica*
 **** Propiedades Químicas
 58(1):17-20
 58(3):257-265; 267-276
- Propiedades Químicas
 * Propiedades Fisiológicas
 58(3):257-265
- Propiedades térmicas
 * Temperatura
 58(2):141-153
- Proteínas
 58(4):409-416
- Puccinia
 * Uredinales
 ** Roya
 58(2):193-196
- Pueraria
 * *Pueraria phaseoloides*
 58(1):31-34
- Pueraria phaseoloides*
 * Pueraria
 58(1):31-34

- Radiación
 * Energía
 58(1):81-84
- Raíces
 * Raíces
 ** *Zea mays*
 *** Sistema radicular
 58(3):245-255
 58(4):409-416; 427-439
- Recursos Agrarios
 58(1):45-49
- Rendimiento de cultivos
 * Rendimiento
 58(2):141-153; 181-191
 58(3):233-243
- Rendimiento
 * Rendimiento de cultivos
 58(2):141-153; 181-191
 58(3):233-243
- Riego
 * *Capsicum annuum*
 ** *Zea Mayz*
 *** Sistema de riego
 58(3):277-287
 58(4):357-367
- Río Capaz
 * Mérida
 ** Venezuela (República Bolivariana de)
 58(4):369-382
- Rizosfera
 58(3):215-221
- Rotboellia
 * *Rotboellia cochinchinensis*
 58(2):163-173
- Rotboellia cochinchinensi*
 * Rotboellia
 58(2):163-173
- Roya
 * Puccinia
 ** Uredinales
 58(2):193-196
- Saccharum*
 * Caña de azúcar
 58(2):111-116
- Salinidad
 58(3):297-213
- Semillas
 * Cultivo de semilla
 ** *Oryza Sativa*
 58(3):309-319
- Sensores
 * Instrumento de medición
 58(1):81-84
- Sequia
 58(1):77-80
- Siembra
 * Cultivo
 58(1):69-72
- Simulación
 * Modelos de simulación
 58(2):163-173
- Sistema de cultivo
 * Método de cultivo
 58(4):357-367
- Sistema de riego
 * Riego
 ** *Capsicum annuum*
 58(3):277-287
- Sistema radicular
 * Raíces
 ** *Zea mayz*
 58(3):245-255
- Sitotroga*
 * *Sitotroga cerealella*
 58(1):21-26
- Sitotroga cerealella*
 * *Sitotroga*
 58(1):21-26
- Solanum
 * *Solanum tuberosum*
 ** Cultivo
 *** Papa
 58(1):41-43; 61-64
 58(3):233-243
 58(4):417-425

- Solanum tuberosum*
 * Solanum
 ** Cultivo
 *** Papa
 58(1):41-43; 61-64
 58(3):233-243
 58(4):417-425
- Sólidos
 * Estados Físicos
 58(1):17-20
- Soluciones Nutritivas
 58(4):417-425
- Sorghum
 * *Sorghum bicolor*
 ** Sorgo
 58(3):215-221
- Sorghum bicolor*
 * Sorghum
 ** Sorgo
 58(3):215-221
- Sorgo
 * Sorghum
 ** *Sorghum bicolor*
 58(3):215-221
- Suelo
 58(4):391-401
- Suelos ácidos
 58(3):215-221
- Suelo arenoso
 * Arena
 58(3):277-287
- Suelos cultivables
 58(4):335-343
- Syrphidae
 58(3):267-276
- Tarabana
 * Lara
 ** Venezuela (República Bolivariana de)
 58(1):73-76
- Táchira
 * Venezuela (República Bolivariana de)
 58(1):51-56
- Tecnología tradicional
 * Agricultura tradicional
 58(4):357-367
- Temperatura
 * Propiedades térmicas
 58(2):141-153
- Termómetro
 * Instrumento de medición
 58(1):85-8
- Tiempo meteorológico
 * Meteorología
 ** Estaciones meteorológicas
 58(1):85-88
- Tierras bajas
 * Llanuras
 ** Mesetas
 58(1):57-60
- Tipos genéticos del suelo
 * Acrisoles
 ** Génesis del suelo
 58(2):125-140
 58(4):369-382
- Tomate
 * *Lycopersicon esculentum*
 ** Hortalizas
 58(1):73-76
 58(4):357-367
- Tortricidae
 * Polillas
 58(1):21-26
- Trampas
 * Atrayentes
 58(4):403-407
- Trichoderma
 * *Trichoderma harzianum*
 58(4):383-390
- Trichoderma harzianum*
 * Trichoderma
 58(4):383-390
- Trichogramma
 58(1):21-26

- Trigo 58(4):351-356; 357-367; 369-382;
 * *Triticum* 58(4):391-401; 403-407; 427-439
 ** *Triticum aestivum*
 *** *Aegilops*
 **** Cultivo
 58(1):65-68
 58(3):267-276
- Triticum
 * Trigo
 ** *Triticum aestivum*
 58(3):267-276
- Triticum aestivum*
 * Trigo
 ** *Triticum*
 58(3):267-276
- Trujillo
 * Motatan
 58(2):117-123
- Tubérculo
 * Papa de siembra
 ** *Solanum tuberosum*
 58(1):41-43
- Uredinales
 * Puccinia
 ** Roya
 58(2):193-196
- Uso múltiple de la tierra
 58(4):335-343
- Variación estacional
 58(1):77-80
- Venezuela (Republica Bolivariana de)
 * Barquisimeto
 ** Falcón
 *** Maracay
 **** Maracaibo
 ***** Mérida
 ***** Monagas
 ***** Táchira
 ***** Trujillo
 ***** Yaracuy
 58(1):17-20; 31-34; 41-43;
 58(1):45-49; 51-56; 69-72
 58(2):117-123; 125-140; 141-153
 58(3):207-213; 245-255
- Vernalización
 * Floración
 ** Floración inducida
 58(4):351-356
- Vertisoles
 58(2):155-162
- Vivero
 58(3):289-297
 58(4):351-356
- Yaracuy
 * Municipio Peña
 ** Venezuela (República Bolivariana de)
 58(1):69-72
- Zea mays*
 * Maíz
 58(1):69-72
 58(3):245-255
 58(4):357-367; 383-390; 391-401
- Zona Central de la Provincia de Santa Fe
 * Argentina
 58(3):267-276
- Zona de evapotranspiracion
 * Evapotranspiracion
 ** Evaporación
 58(1):51-56; 61-64

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

Instrucciones para los Autores

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

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

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

Manuscritos

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

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

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

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

Título. Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo,

sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

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

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

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

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

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

Resultados y Discusión. Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o

figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

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

Los símbolos a usar son:

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

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

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

Los manuscritos deben ser enviados al Editor de **Agronomía Tropical**, INIA, Apdo. 2103, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela, acompañados de una comuni-

cación en la cual se señale el autor a quién deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio y la firma de cada uno de los autores del trabajo.

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

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

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

Composición: Carmen Elena Solórzano
Montaje: Gerardo Moreno
Fotolito: Mario Pino
Impresión: Eliseo Silva

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Diciembre 2008

